

Acad. 63 - 4

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU GÖTTINGEN.

VIERZIGSTER BAND.

VOM JAHRE 1894 UND 1895.

MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE KLASSE.

GÖTTINGEN,

DIETERICHSCHE VERLAGS-BUCHHANDLUNG.

1895.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU GÖTTINGEN.

VIERZIGSTER BAND.

VOM JAHRE 1894 UND 1895.

MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE KLASSE.

GÖTTINGEN,

DIETERICHSCHE VERLAGS-BUCHHANDLUNG.

1895.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

I n h a l t.

Mathematisch - physikalische Klasse.

Fr. Merkel, Menschliche Embryonen verschiedenen Alters auf Medianschnitten untersucht. Mit Tafel I—III.

A. von Koenen, Ueber einige Fischreste des norddeutschen und böhmischen Devons. Mit Tafel I—V.

O. Bütschli, Ueber den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung.

ABHANDLUNGEN

DER

MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHEN KLASSE

DER

KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN
ZU GÖTTINGEN.

VIERZIGSTER BAND.

ABHANDLUNGEN

MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHES K. ABTH.

KONIGLICHES UNIVERSITÄTSMUSEUM
ZU GÖTTINGEN

VERLAG VON

Menschliche Embryonen verschiedenen Alters auf Medianschnitten untersucht.

Ein Beitrag zur Mechanik der Entwicklung.

Von

Fr. Merkel in Göttingen.

Vorgelegt in der Sitzung der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften am 21. April 1894.

Um eine genaue Vorstellung von den Veränderungen zu erhalten, welche der Körper des Fötus im Laufe des intrauterinen Lebens durchmacht, müsste man nicht allein Schnittreihen in verschiedenen Richtungen sondern auch Präparate anderer Art anfertigen und ich weiss wohl, dass Medianschnitte allein, über welche in Folgendem gesprochen werden soll, nicht im Stande sind, Antwort auf alle die zahlreichen bei der Beurteilung auftauchenden Fragen zu geben. Doch sind sie immerhin geeignet, eine Grundlage zu schaffen, auf welcher man weiter bauen kann. Bei manchen Erörterungen erlauben die Angaben der Literatur weitere Ausblicke, welchen denn auch nicht ausgewichen werden soll. —

Bei der Betrachtung von Medianschnitten kann es sich naturgemäss nicht um eine Ermittlung von Durchschnittswerthen handeln, sondern nur um einzelne Individuen, doch ist es wohl selbstverständlich, dass besonders wohlgebildete Föten ausgesucht wurden¹⁾. Alle Präparate, welche den Figuren dieser Arbeit zu Grunde liegen, sind sorgfältig in Müllerscher Flüssigkeit und nachher in Alkohol gehärtet und mit einem sehr grossen und schweren Messer durchschnitten. Nur beim ausgetragenen Kinde musste, der harten Knochen in der Wirbelsäule wegen, eine Säge zu Hilfe genommen werden. War die Mittellinie nicht ganz getroffen, dann wurden noch vorsichtig mit dem Rasirmesser dünne Scheiben abgetragen bis die Medianebene erreicht war. Die Untersuchung erstreckte sich auf Embryonen von der vierzehnten bis zur dreissigsten Fötalwoche, sowie auf den Körper eines Neugeborenen. Der Durchschnitt vom Körper des Erwachsenen, der zur Vergleichung in Fig. 1 beigelegt ist, ist eine Verkleinerung des bekannten Bildes des Braune'schen Atlas, welches ich deshalb lieber wähle, als einen Originalschnitt, weil die Figur in ganzer Grösse Jedermann zugänglich ist.

1) Für die Uebersendung von embryologischem Material bin ich einer grossen Reihe verehrter Collegen zu lebhaftem Dank verpflichtet. Zu der vorliegenden Untersuchung fanden besonders die freundlichen Zusendungen der Herrn Prof. Dr. Winter-Berlin und Dr. Fressel-Hamburg Verwendung.

Der Grund warum die Untersuchung bei der vierzehnten Woche nach unten Halt macht ist der, dass in den früheren Stadien die Ausbildung mancher Körperteile noch so sehr von der des definitiven Zustandes abweicht, dass sie zur unmittelbaren Vergleichung mit den späteren Stadien nicht wohl herbeigezogen werden kann.

Eine genauere Vergleichung der Präparate unter sich ist nur dadurch möglich, dass man Zeichnungen anfertigt, welche auf ein allen gleiches Maass reducirt worden sind. Dies bot aber deshalb gewisse Schwierigkeiten, weil es nicht ohne weiteres klar war, welches Maass als die grundlegende Norm zu betrachten ist. Die Gesamtkörperlänge konnte es nicht sein, da wegen der immer vorhandenen Krümmung jüngerer Embryonen und der zufälligen Krümmungen älterer dabei sehr ungleichwerthige Bilder hätten herauskommen müssen. Die Länge der gesamten Wirbelsäule würde schon brauchbarer sein. Der Versuch hat auch gezeigt, dass die verschiedenen vorhandenen Krümmungen dabei für die Vergleichung sehr wohl unschädlich gemacht werden können. Da aber doch immerhin wünschenswerth war, Fehler der Methode möglichst vollständig zu eliminiren, so wurde den Zeichnungen als das Normalmaass die Länge der Brustwirbelsäule von der Bandscheibe über dem ersten bis zur Bandscheibe unter dem letzten Brustwirbel zu Grunde gelegt; dieser Abschnitt ist also in allen Zeichnungen gleich lang.

Schon A e b y (1) weiss, dass das Wachsthum dieses Wirbelsäulenabschnittes während der ganzen Embryonalzeit ein ausserordentlich gleichmässiges ist und auch die Krümmung erweist sich als eine so constante, dass weder das Alter noch auch die Körperhaltung einen Einfluss auf sie ausüben, der eine genaue Vergleichung verhinderte.

Es ist klar, dass auf Herstellung der für die Vergleichung benutzten Bilder die grösste Sorgfalt verwandt werden musste und es erschien wünschenswerth, die nöthigen Reductionen auf rein mechanischem Wege ohne Dazwischentreten der Hand des Künstlers vorzunehmen. Dies wurde dadurch erreicht, dass von den Schnitten, welche unter Spiritus mit der Schnittfläche an eine planparallele Glasplatte angedrückt wurden, kleine aber sehr scharfe photographische Aufnahmen gemacht wurden. Von dem so erhaltenen Negativ konnten dann mittelst des Vergrösserungsapparates Positive auf Eastmanpapier in jeder gewünschten Grösse angefertigt werden¹⁾. Dieselben genügten vollständig um die hauptsächlichsten Punkte mit absoluter Treue zu fixiren und es war Sache des Zeichners, mit Zuhilfenahme dieser Bilder die Details zu entwerfen.

Die Grösse, in welcher die Abbildungen ausgeführt wurden, war an sich gleichgiltig, da ein Theil der Präparate verkleinert, ein anderer vergrössert werden musste. Sie wurde daher so gewählt, dass sie nicht zu ungefüg wurde, dabei aber doch erlaubte, alle wünschenswerthen Details einzutragen.

1) Mein Assistent, Herr Dr. Kallius unterstützte mich bei dieser Arbeit in dankenswerthester Weise.

Ein Blick auf die Tafeln erweist, dass die ganze Haltung der abgebildeten Embryonen nicht diejenige ist, welche sie im Uterus einnehmen, wo sie bis zur Geburt hin stark zusammen gekrümmt und mit auf die Brust geneigtem Kopfe liegen. Sie sind vielmehr in der Stellung gehärtet worden, welche sie, sich selbst überlassen und auf dem Rücken liegend, einnehmen. Der Neugeborene und die beiden ältesten Föten zeigen dabei eine Kopfhaltung, welche an die des Erwachsenen erinnert, bei allen jüngeren Embryonen ist der Kopf mehr oder weniger vorwärts geneigt. Da die Beine nicht etwa gestreckt worden waren und auch die Arme, sowie es bei Embryonen gewöhnlich ist, auf der Brust lagen, so dürfte die Stellung der Extremitäten keinen irgendwie deformirenden Einfluss auf die in der Medianebene sichtbaren Gebilde ausgeübt haben und ich kann mich nun zu deren Besprechung wenden.

Wirbelsäule.

Die Eigenthümlichkeiten der Wirbel des Neugeborenen im Gegensatz zu denen des Erwachsenen stellt Langer (22) in folgender Weise zusammen (S. 13): „Ueberwiegen des Kalibers des Wirbelloches über alle anderen Dimensionen. Ueberwiegen der Dicke über die Höhe an den Körpern, welche noch nicht die Wurzeln der Bogenstiele in sich aufgenommen haben; sehr kurze Fortsätze; mehr frontal eingestellte Querfortsätze der Brustwirbel, dagegen daselbst nach vorn convergirende Bogenstiele; relativ weite Foramina intervertebralia; grössere Uebereinstimmung der Wirbel verschiedener Abschnitte der Wirbelsäule in ihren Formen; endlich ein im Verhältniss kurzes Lendenstück.“

Moser (29), welcher 1889 denselben Gegenstand bearbeitet, beschränkt sich darauf, Langer wörtlich zu wiederholen, und setzt dem nur hinzu, dass die Lendenwirbelsäule des Neugeborenen frontal stehende Gelenkflächen besitzt, eine Angabe, welche hier nicht interessirt, welche auch durchaus nicht neu ist¹⁾.

Ueber die relativen Längenverhältnisse der Wirbelsäule macht Ravenel (32) einige fragmentarische Angaben; viel eingehender behandelt sein Lehrer Aeby (1) zwei Jahre später den Gegenstand; er fasst seine Resultate mit folgenden Worten zusammen: „1) Kindliche und erwachsene Wirbelsäulen sind in ihren Maassverhältnissen wesentlich verschieden. 2) Die Lendenwirbelsäule des Kindes ist verhältnissmässig kürzer, die Halswirbelsäule um ebenso viel länger, als diejenige des Erwachsenen. Die Brustwirbelsäule erscheint bei beiden gleichwerthig. 3) Die erwachsene Wirbelsäule ist in allen, namentlich aber in den oberen Theilen, schlanker als die kindliche. Die damit verbundene Breitenabnahme ist nicht blos allgemeiner, sondern im Ganzen auch bedeutender als die Dickenabnahme. 4) Der Wirbelkanal ist beim Erwachsenen nicht allein im Verhältniss zur Länge der Wirbelsäule, sondern auch im Vergleich mit den Querdurchmessern der Wirbelkörper im Ganzen enger als beim Kinde. 5) Kind-

1) vergl. Fr. Merkel: Ueber den Bau der Lendenwirbelsäule. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. 1877.

liche und erwachsene Wirbelsäulen enthalten verhältnissmässig gleich viel Bandmasse, jedoch in verschiedener Vertheilung. 6) Die kindliche Wirbelsäule hat vor der erwachsenen geringere Ungleichartigkeit ihrer Bausteine voraus. 7) Auf den Gang und schliesslichen Erfolg der ganzen Entwicklung hat das Geschlecht keinen Einfluss. 8) Die Wirbelsäule verfolgt von Anfang an einen einheitlichen Entwicklungsplan. Ihre Formveränderungen nach der Geburt sind nur eine Fortdauer der gleichen Veränderungen vor derselben.

Cunningham (9) erschliesst in seiner Arbeit über die Lendenkrümmung aus den Messungen, „dass die Lumbarregion bei sehr jungen Föten eine proportionale Länge hat, welche sich weit mehr der der Erwachsenen nähert, als der des weiter entwickelten Fötus oder des Neugeborenen. Doch sind weitere Untersuchungen nöthig, um diesen Punkt zu bestätigen. Aber es scheinen die Körper der Lendenwirbel in dieser frühen Periode, so weit das Augenmaass ein Urtheil erlaubt, lang und schmal im Vergleich mit weiter fortgeschrittenen Präparaten; sie zeigen in der That ein Aussehen, welches einigermaßen an das der Lendenwirbel gewisser niederer Affen erinnert.“

In einer zweiten Abhandlung (10) meint er, dass man auf Medianschnitten der kindlichen Wirbelsäule die grosse relative Länge der Körper der Lumbalwirbel bemerken würde. „Sie sind fast pavianähnlich in ihren Umrissen.“

Beginne ich bei einer vergleichenden Betrachtung der Wirbelsäule mit den Körpern, so ergiebt die oberflächlichste Untersuchung schon die Richtigkeit der Angabe, dass in der Fötalzeit die einzelnen Wirbelabtheilungen weit gleichartiger erscheinen als später. Hält man die Bilder des Erwachsenen und des Neugeborenen einander entgegen, dann ist dies schon zu bemerken; dies nimmt aber nach unten mehr und mehr zu, bis endlich der jüngste der abgebildeten Embryonen (Fig. 8) eine Reihe von Wirbelkörpern zeigt, welche in der Mitte am besten ausgebildet erscheinen und sich nach oben zum Epistropheus, nach unten zum Steissbein gleichartig verjüngen. Aber schon in dieser frühen Zeit lässt eine aufmerksamere Betrachtung Unterschiede erkennen, welche den Zustand vorbereiten, der sich später ausbilden soll. Die Parallelogramme von gleichmässiger Höhe und Breite, wie sie die Durchschnitte der mittleren Brustwirbel darstellen, ändern sich nach oben so, dass sie schmaler und niedriger, nach unten so, dass sie schmaler und höher werden. Die oberen Wirbel werden damit schon ihrem definitiven Zustand entgegengeführt. Sie bleiben im Wachsthum nach beiden Dimensionen mehr und mehr zurück bis dann die rasche Verjüngung erreicht ist, welche beim Erwachsenen die Halswirbel gegenüber den Brustwirbeln zeigen. Die unteren Wirbel müssen noch weitere Veränderungen durchmachen, ehe sie die bleibende Form gewinnen.

Bei genauer Vergleichung der Präparate wurde so vorgegangen, dass sorgfältige Pausen von den Zeichnungen der Figg. 1—8 genommen wurden, welche, aufeinander gelegt, die Aenderung der Form und Lage leicht und deutlich erkennen liessen. Es fiel dabei sogleich auf, dass mancherlei individuelle Eigentümlichkeiten vorhanden waren, welche berücksichtigt werden mussten, um

Fehlschlüsse zu vermeiden. Ganz besonders waren bei Fig. 5 die Wirbel im Ganzen graziler d. h. schmaler als bei Embryonen die älter und jünger waren. Der sechste bis neunte Brustwirbel waren diejenigen, welche schon bei dem jüngsten Embryo (Fig. 8) relativ denselben Medianschnitt des Körpers zeigten, wie beim Neugeborenen. Selbst der Erwachsene fügt sich einigermaßen dieser Regel; bei ihm gleicht aber nur der neunte Brustwirbel in jeder Weise dem des Embryo der Fig. 8, der achte und siebente decken sich ebenfalls, sind jedoch beim Erwachsenen etwas schmaler, der sechste wird schon etwas niedriger, wie der des Fötus. Man darf daher aussprechen, dass der neunte Brustwirbelkörper in seiner Höhen- und Breitenentwicklung den gleichmässigsten Gang geht und dass auch die nächst höheren bis zum sechsten inclusive während des intrauterinen Wachstums in sehr gleichmässiger Weise fortschreiten. Das gleiche gilt auch für die die Wirbelkörper verbindenden Bandscheiben, da sich beim Aufeinanderlegen der Pausen nicht nur die Wirbel decken, sondern überhaupt das Ganze in Rede stehende Stück der Wirbelsäule.¹⁾

Oberhalb dieser am gleichmässigsten wachsenden Wirbelabtheilung findet man nun beim jüngsten Embryo die Wirbelkörper nicht sogleich verändert, was man in derart nachzuweisen vermag, dass man versucht die Pause auf der Zeichnung zu verschieben. Man kann den neunten Wirbel bis zum sechsten hinaufschieben und sieht, dass sich trotzdem die beiden Bilder bis zum unteren Rand des fünften Halswirbels der Zeichnung völlig decken, woraus hervorgeht, dass in der ganzen Reihe der Durchschnitte vom neunten Brustwirbel bis zum sechsten Halswirbel einer dem andern völlig gleicht und dass auch die Bandscheiben die gleiche Höhe und Ausbildung haben; erst der fünfte bis dritte Halswirbel wird niedriger und schmaler, während der Epistropheus eine bedeutende Entwicklung zeigt. Er ist so lang wie die drei auf ihn folgenden Wirbel, nicht wie die zwei nächsten, eine Thatsache, welche bereits bekannt ist. Die Verkleinerung der Wirbelkörper, d. h. also richtiger das Zurückbleiben derselben im Wachsthum, beginnt nun von obenher; doch ist der Fortschritt offenbar kein ganz gleichmässiger. Während er von Fig. 8 ab bei Fig. 6, 5, 3 und dem Neugeborenen in den Beugewirbeln des Halses sehr deutlich nachzuweisen ist, tritt er bei Fig. 4 kaum zu Tage; er besteht hier nur darin, dass die Wirbel selbst niedriger werden, während die Bandscheiben den Verlust wieder ausgleichen. Die beiden Drehwirbel schliessen sich von der Regel manchmal auch dann aus, wenn ihr die übrigen folgen, so ist beim siebenmonatlichen Fötus (Fig. 3) der Raum vom vorderen Bogen des Atlas bis zur unteren Fläche des Epistropheus genau ebenso gross, wie beim jüngsten Embryo (Fig. 8.)

Ausser der Höhendimension geht aber die Dickendimension zurück und zwar diese mehr als jene; dass dabei die gleichen Schwankungen vorkommen, wie dort, bedarf wohl keiner Ausführung. Beim siebenmonatlichen Fötus ist die Verkleinerung

1) Als individuelle Abweichung ist anzusehen, dass beim Embryo der Figur 7 die Wirbel 2—6 nicht 6—9 die gleiche Ausbildung zeigen, wie die der Neugeborenen.

schon soweit fortgeschritten, dass auch die oberen Brustwirbel bereits davon ergriffen sind. Auch Aeb y sagt schon, allerdings für die postembryonale Entwicklung (l. c.), dass mit dem Längenwachsthum der ganzen Wirbelsäule die Höhe ihrer einzelnen Segmente verhältnissmässig abnimmt. Aus seinen übrigen Angaben geht jedoch nicht hervor, in welcher Weise die Verkleinerung fortschreitet.

Die gleiche Unregelmässigkeit, wie in den oberen Wirbeln zeigt sich auch in den unter dem neunten Brustwirbel gelegenen. Eine relative Verlängerung des Abschnittes vom zehnten Brustwirbel bis fünften Bauchwirbel inclusive ist nicht zu verkennen. Wenn aber die Beobachter von einer Verlängerung der Bauchwirbelsäule sprechen, so ist dies für die untersuchten Embryonen keineswegs bedingungslos zuzugeben. Die Bauchwirbelsäule vom jüngsten Embryo (Fig. 8), vom viermonatlichen (Fig. 5) und fünfmonatlichen (Fig. 4) Fötus ist auf den Zeichnungen vielmehr ganz genau gleich lang. Es liegt die Verlängerung dann in den letzten Brustwirbeln. Gegen den siebenmonatlichen Fötus und den Neugeborenen freilich ist die Bauchwirbelsäule aller übrigen Embryonen relativ kürzer und diese haben wieder eine um etwa einen halben Wirbel kürzere Bauchwirbelsäule als der Erwachsene, so dass die relative Verlängerung vom dreimonatlichen Embryo bis zum Erwachsenen rund eine ganze Wirbelhöhe beträgt. Die erwähnte Unregelmässigkeit im Wachsthum, welche auf individuelle Verhältnisse zurückzuführen ist, geht auch aus Aeb y's Tabelle (l. c. S. 109) hervor, in welcher die Verlängerung keineswegs einen ganz gleichmässigen Fortschritt zeigt. Wenn aber Cunningham (9) zu glauben geneigt ist, dass jüngere Föten eine relativ längere Bauchwirbelsäule haben, als ältere, so ist dies unzutreffend, und es werden diesem Gelehrten vermutlich Präparate vorgelegen haben, in welchen die hauptsächlichste Verlängerung einmal in den letzten Brustwirbeln, das andere Mal in den Bauchwirbeln lag, was bei geringem Material allerdings zu Fehlschlüssen Veranlassung geben könnte.

Weit augenfälliger, als die Aenderungen in der Länge, sind die in der Dicke, überhaupt im ganzen Habitus des unteren Theiles der Wirbelsäule. Wie oben bemerkt, nimmt die Dicke der Wirbelkörper nach unten ganz allmählich ab, während die Höhe der einzelnen Wirbel erst steigt und dann langsam fällt; die Medianschnitte erhalten dadurch ein mehr quadratisches Aussehen, welches Cunningham (9) bewogen hat, dieselben pavian-ähnlich zu nennen. Wenn man den Durschnitt der Wirbelsäule von *Cynocephalus anubis*, welchen dieser Autor auf Tafel 6 seines Werkes abbildet, auf die passende Grösse reducirt, dann decken sich in der That dessen sechs Bauchwirbel mit dem zwölften Brust- und den fünf Bauchwirbeln vom Embryo der Fig. 6 fast vollkommen. Bei sämmtlichen untersuchten Föten, auch beim Neugeborenen, ist die Breite der unteren Bauchwirbel eine geringere, als die der oberen, was beim Erwachsenen nicht der Fall ist; bei diesem sind vielmehr die unteren Bauchwirbeldurchschnitte breiter als die oberen. Bei den jüngeren Föten hält sich die Dicke von den Brustwirbeln ab bis zum dritten Bauchwirbel, vom vierten an vermindert sie sich sogleich stark, beim siebenmonatlichen Fötus wächst die Dicke schon bis zum zweiten Bauchwirbel, um

von da ab dann abzunehmen, es hat sich also jetzt das stärkere Wachsthum, welches zu der kräftigen Bauchwirbelsäule des Erwachsenen führen soll, schon eingeleitet und zwar von dem unteren Ende der Brustwirbelsäule anfangend; beim Neugeborenen ist dies bereits soweit fortgeschritten, dass der vierte Bauchwirbel derjenige ist, welcher den grössten sagittalen Durchmesser zeigt.

Das Kreuz- und Steissbein bilden in der Gleichmässigkeit der Abnahme aller Dimensionen die directe Fortsetzung der letzten Bauchwirbel; da diese Abnahme eine stärkere ist, als in den oberen Theilen der Wirbelsäule, so ist auch das Endresultat ein anderes, welches in der Abnahme bis zu den kleinen, auf den Durchschnitten nur schwer sichtbaren letzten Steisswirbeln besteht.

Die Veränderungen in der relativen Längenausdehnung dieses Wirbelabschnittes sind geringfügig und dürften über individuelle Verschiedenheiten kaum hinausgehen. Obwohl bei den jüngeren Föten die Verschmälerung der Wirbel im Bereich des Kreuzbeines eine ganz gleichmässige und zwar bedeutende ist, ist die Dicke der unteren Kreuzwirbelkörper bei ihnen doch eine relativ grössere, als beim Erwachsenen.

In den letzten Stadien des intrauterinen Lebens beginnt die Form des Kreuzbeins sich schon etwas der des Erwachsenen zu nähern.

Die Zahl der Steisswirbel wurde verschieden gefunden; sie schwankte zwischen drei und fünf. Bei mikroskopischer Untersuchung feiner Schnitte hätten sich an einigen Präparaten vielleicht noch mehr finden lassen, wenigstens dürfte man dies nach den Untersuchungen von Steinach (35) (s. das. auch Litteratur) erwarten. Ueber die sogenannte „Schwanzfrage“, über welche sich zuletzt Keibel¹⁾ ausspricht, geben meine Präparate keine Auskunft, sie sind dafür in einem schon zu weit vorgeschrittenen Stadium.

Ueber die Fortsätze der Wirbel etwas beizubringen, dafür sind Median-schnitte ebenfalls ungeeignet. Man sieht nur, dass sich die Processus spinosi je länger je mehr vervollkommen. Besonders geeignet erweisen sich die Schnitte für die Betrachtung des Wirbelkanals, welche aber erst weiter unten zugleich mit Besprechung des Rückenmarks vorgenommen werden soll.

Ich wende mich daher sogleich zur Betrachtung der Krümmung der Wirbelsäule, welche schon seit langer Zeit Gegenstand der Untersuchung ist. Die Bemerkungen darüber gehen bis auf die Anatomen zu Anfang des Jahrhunderts zurück, welche aber meistens der Wirbelsäule des Neugeborenen die später erscheinenden Krümmungen völlig absprechen. Der erste welcher eine genauere Untersuchung vornimmt ist Horner (18). Er zeichnet den vorderen Contur der Wirbelsäule eines Neugeborenen und sagt: „Wir wissen dass die Anlage der Wirbelsäule im Embryo von wenigen Wochen eine gerade Linie bildet, dass beim 5—6 monatlichen Fötus die Verschiebung des Promontorium, die Biegung des Kreuzbeins — die später die bedeutendste Krümmung besitzt — noch fast

1) Ueber den Schwanz des menschlichen Embryo, Archiv für Anat. v. Physiol. Anat. Abth. 1891 S. 356.

Null sind. Auch das neugeborene Kind zeigt in seiner Wirbelsäule noch Verhältnisse, welche von denjenigen des Erwachsenen bedeutend abweichen.“ Die Abhandlung von Cleland (8) konnte ich mir im Original nicht verschaffen. Nach Cunningham's Referat (9 S. 69) demonstriert er an Medianschnitten den Einfluss, welchen die Stellung der unteren Extremitäten auf die Form der Wirbelsäule und den Grad der Beckenneigung beim Neugeborenen hat. Ist der Kopf auf die Brust gesenkt und sind die Schenkel gebogen, dann bildet die Wirbelsäule bis zum Kreuzbein hinunter eine tiefe Concavität; bei gehobenem Kopf und gestreckten Schenkeln tritt das Becken zurück und es entsteht eine vordere Convexität der Lendenwirbelsäule.

Der nächste Gelehrte, welcher sich über die Biegung der fötalen Wirbelsäule äussert ist Parow (31). Er sagt S. 254: „Von den Krümmungen ist es besonders die concave des Brustwirbeltheiles, welche schon im Fötalleben durch die Lage im Uterus eingeleitet wird, und bei ihrer Abhängigkeit von dem Zusammenhange mit dem Brustkorbe unter der Mitwirkung des Athmungsprocesses am frühesten sich consolidiren wird.“ Die Halswirbelkrümmung wird nach seiner Ansicht erst dann deutlicher werden, wenn das Kind anfängt den Kopf aufrecht zu halten; die Lendenkrümmung ist schon beim Neugeborenen angedeutet.

In seinem Buche über die Formentwicklung des Thorax macht Hüter (19) einige hierhergehörige Bemerkungen. Er behauptet, dass die Brustwirbelsäule des Neugeborenen eine gerade Linie bilde (S. 28), sowohl in horizontaler Lage, als auch bei freiem senkrechtem Aufhängen des Rumpfs. Die Convexität der Halswirbelsäule ist nur angedeutet, die nach vorn convexe Krümmung der Lendenwirbelsäule fehlt fast vollständig. Das nur wenig gekrümmte Kreuzbein weicht vom Promontorium aus in stumpfem Winkel zurück. Dass die Wirbelsäule im Uterus eine grosse, nach vorne concave Krümmung bilde, giebt Hüter nicht zu, er stimmt vielmehr mit Horner darin überein, dass die Anlage der Wirbelsäule eine gerade Linie darstellt. „Diese gerade Linie bildet auch während der ganzen fötalen Entwicklung die Mittelstellung der Wirbelsäule und nur die Krümmungen am oberen Ende der Brustwirbelsäule und am unteren Ende der Lendenwirbelsäule entwickeln sich allmählich zu den Verhältnissen“ der kindlichen Krümmung. Barwell (4) nennt die kindliche Wirbelsäule gestreckt; sie folgt in ihren Biegungen lediglich der Unterlage, auf welcher das Kind liegt. Das Becken ist fast horizontal. Bouland (5) welcher nach dem Vorgang der Brüder Weber isolirte Wirbelsäulen in Gyps eingoss und den Block sodann in der Medianlinie durchsägte, sagt (S. 364): „Bei der Geburt zeigt die Wirbelsäule, abgesehen vom Sacro-vertebralwinkel, immer zwei obere Krümmungen in umgekehrtem Sinn und zuweilen eine dritte unten in der nämlichen Richtung wie die Nackenkrümmung“. Führt man eine steife Sonde in den Wirbelkanal des Neugeborenen ein, dann kann man die Krümmungen völlig verschwinden machen, mit Ausnahme einer kleinen Concavität nach vorne im Bereich der drei ersten Brustwirbel. Sich selbst überlassen kehrt aber die Wirbelsäule sofort in ihre ursprüngliche Form zurück. Die Ursachen der Krümmungen liegen in den Wirbeln selbst und zwar

sind die Knochenkerne nach der Convexität der Krümmung hin höher, als nach deren Concavität. Der Knorpel, welcher den Knochenkern umgiebt, folgt dieser Regel nicht, er ist bald vorn bald hinten dicker.

Balandin (3), der nächste Untersucher des Gegenstandes, findet, dass die Brustkrümmung am ersten auftritt; er kann sie schon an zweimonatlichen Embryonen beobachten. Als zweite erscheint die Halskrümmung im 3. Lebensmonat. Die Lendenkrümmung folgt zuletzt, um die Wende des ersten Lebensjahres. Eine Lendenkrümmung kann man nach seinen Untersuchungen beim Neugeborenen sofort hervorrufen, wenn man die in die Höhe gezogenen Beine streckt und damit durch Vermittelung des nun gespannten Lig. iliofemorale das Becken vorne senkt.

Ravenel (32) lässt beim Neugeborenen die Biegungen fast vollständig fehlen und sagt, dass äussere mechanische Einwirkungen es sind, welche die Umprägung der kindlichen Form in die erwachsene bedingen. „Sie ist keine active, von der Wirbelsäule selbst ausgehende, sondern, wenigstens in der Hauptsache, eine passive, ihr von aussen her aufgedrungene.“

Fehling (12) sagt von einem Medianschnitt durch den Körper eines Neugeborenen: „die Wirbelsäule verläuft vom Halstheile bis zum vorletzten Lendenwirbel fast ganz gerade, nur ein ganz geringer, nach vorn offener Bogen ist angedeutet. Vom 5. Lendenwirbel an beginnt die auch an allen anderen Sagittalschnitten ersichtliche Beckenkrümmung ganz in derselben Art und Weise.“

Charpy (7) zieht aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass die Rückenkrümmung des Embryo eine ursprüngliche ist und früher erscheint, wie jede andere; sie findet sich selbst bei Personen, welche niemals den Versuch gemacht haben, zu gehen. Noch im vierten Fötalmonat ist sie die einzig vorhandene; in den letzten Monaten aber wird die Halskrümmung mehr und mehr deutlich, die Lendenkrümmung wird erst im achten Monat ersichtlich. Beim Neugeborenen sind die Krümmungen natürlich ebenfalls zu sehen, wenn auch schwach entwickelt.

Cunningham (9) sagt, dass bei sehr jungen Embryonen die Wirbelsäule einen einzigen nach vorne concaven Bogen bilde. Im unteren Theil (Kreuz- und Steissbein) ist der Bogen „more abrupt“, als oben und das Ende der Säule ist hakenförmig aufwärts gekrümmt. Später zeigt dann die Wirbelsäule zwei vorne concave Bogen, der obere die wahren Wirbel, der untere die Kreuz- und Steissbeingegend umfassend. Diese wird tiefer, aber eine andere Krümmung entsteht nicht, solange der Fötus im Uterus verweilt. Ein schwaches, aber deutliches Promontorium findet man bei 70 Mm. langen Embryonen. Hebt man bei Embryonen oder Neugeborenen den auf die Brust gesunkenen Kopf, dann entsteht sofort eine vorn convexe Halskrümmung, während die übrigen Theile der Wirbelsäule unverändert bleiben. Auch die Lendenkrümmung kann man hervorbringen, wenn man die Beine forcirt streckt, wie dies Balandin angiebt.

Symington (36) bestätigt im wesentlichen Cunninghams Beobachtungen. Bemerkenswerth ist, dass er eine constante Halskrümmung auch für den Er-

wachsenen leugnet, indem er sagt, dieselbe hänge lediglich von der Haltung des Kopfes ab.

Uebersieht man die in Vorstehendem kurz mitgetheilte Litteratur, dann könnte man fast daran verzweifeln, ein klares Bild von den Wirbelsäulenkrümmungen bekommen zu können. Der eine läugnet sie, der andere behauptet sie, der eine sagt, der Grund ihrer Anwesenheit läge in den Wirbeln selbst, der andere sagt, der Grund wäre zweifellos nur in der Umgebung zu suchen. Von mehreren Seiten wird hervorgehoben, dass die embryonale Wirbelsäule sehr beweglich sei und durch die geringste Beeinflussung sogleich ihre Biegung ändere, weshalb man von einer Normalkrümmung nicht reden könne. Die grosse Biegsamkeit bedarf keines Beweises weiter, da sie jedermann kennt; auch mir machte sie sich recht unliebsam bemerklich, indem nicht selten ein Embryo, den man ganz gerade gelegt zu haben glaubte, doch eine seitliche Biegung der Wirbelsäule zeigte, so dass der Schnitt dann auch bei grösster Sorgfalt in der Ausführung nicht durch die Medianebene aller Wirbel fiel.

Trotz dieser Biegsamkeit aber haben Horner, Hüter, Barwell u. a. zweifellos unrecht, wenn sie der embryonalen Wirbelsäule eine gestreckte Gestalt vindiciren. Die Figuren von His (17) beweisen, dass in den ersten Wochen der Embryonalzeit eine sehr regelmässige nach vorne concave Krümmung der gesammten Wirbelsäule vorhanden ist, und es dürfte kaum gelingen, selbst noch einen Embryo, wie es der jüngste hier abgebildete ist (Fig. 8), soweit zu strecken, dass seine Wirbelsäule eine gerade Linie bildet. Dies ist nach Balandins Versuchen nur möglich, wenn man dieselbe ganz frei präparirt und durch Ziehen am oberen und unteren Ende spannt. Selbst bei diesem gewaltsamen Experiment fand dieser Forscher nur bei zwei- bis dreimonatlichen Embryonen die Wirbelsäule noch weich und biegsam genug, um sie in einen geraden Stab zu verwandeln, bei vier- bis fünfmonatlichen blieb beim Spannen eine deutliche Concavität zurück, deren Grenzen in die Gegend des siebenten Hals- und neunten Brustwirbels fallen. Beim Neugeborenen konnte, wie oben erzählt, Bouland nicht einmal durch die Einführung einer steifen Sonde in den Wirbelkanal eine Concavität im Bereich der drei ersten Brustwirbel ausgleichen. Gegenüber diesen positiven Angaben fallen vage Bemerkungen, dass die Wirbelsäule des Neugeborenen noch „fast“ gerade sei, nicht weiter ins Gewicht.

Die Präparate, welche den Figuren dieser Abhandlung zu Grunde liegen, sind keineswegs alle in der gleichen Stellung gehärtet, trotzdem aber ist die Krümmung im Bereich der Brustwirbelsäule immer vorhanden. Der jüngste Embryo (Fig. 8) und älteste Fötus (Fig. 3) zeigen ganz die gleiche Curve. Bringt man an den Pausen die hinteren, dem Wirbelkanal zugekehrten Grenzlinien beider zur Deckung, dann fallen sie im Bereich sämtlicher Brustwirbel zusammen, versucht man das Gleiche mit der vorderen Linie, dann sind diese sogar vom 7. Halswirbel bis zum zweiten Lendenwirbel identisch. Im übrigen wird die Form der Curve von der Kopfhaltung beeinflusst, wie mir die übrigen abgebildeten Föten und noch einige andere besonders stark gekrümmte beweisen. Es

zeigt sich — was nicht a priori erwartet werden konnte —, dass durch diese nicht nur die Stellung der Halswirbelsäule, sondern auch die der drei bis vier obersten Brustwirbel geändert wird. Dieselben sind je nach der Haltung von Kopf und Hals bald nach vorn, bald nach rückwärts geneigt. Unten aber fällt meistens der erste Bauchwirbel noch in die Brustcurve hinein. Nur bei ganz excessiver Beugung des Körpers tritt er, ja selbst der letzte Brustwirbel noch vor die Curve der übrigen, so dass ich in einem einzigen Falle gefunden habe, dass nur die Linie vom siebenten bis elften Brustwirbel mit der des abgebildeten Neugeborenen zusammengetroffen war. Nach dem Mitgetheilten ist für die Krümmung der Wirbelsäule in der unteren Brustgegend eine ebenso grosse Gleichmässigkeit der Entwicklung nachzuweisen wie für die Form.

Dass die Halswirbelsäule keine Stellung zeigt, welche als eine typische angesehen werden darf, ist nicht verwunderlich; ihre Beweglichkeit ist ja selbst beim Erwachsenen noch eine so erhebliche, dass ihr Symington, wie oben bemerkt, eine bleibende Krümmung abspricht. Balandin (l. c.) sagt noch vom Neugeborenen, dass seine Wirbelsäule einen geraden Halstheil habe. Derselbe Gelehrte, wie auch Fehling behaupten das Gleiche von der Lendenwirbelsäule, und es ist ganz klar, dass Balandins Versuche zur Erzeugung der Lendenkrümmung beim Neugeborenen, von welchen oben berichtet wurde, das richtige treffen. Genau so, wie für die Stellung der Halswirbelsäule diejenige des Kopfes massgebend ist, so ist es für die der Bauchwirbelsäule die des Beckens. Werden beide nach hinten bewegt, dann bekommen die betreffenden Wirbelsäulenabschnitte eine vorn convexe Form, treten sie nach vorne, dann werden die Abschnitte vorne concav. Der wesentliche Unterschied der Hals- und Bauchwirbelsäule besteht darin, dass die Biegung der ersteren die Brustwirbel mehr beeinflusst, wie die der letzteren.

Was das Kreuz- und Steissbein anlangt, so verdanken wir über dieses Fehling (12) die eingehendsten Angaben. In der Mitte des dritten Monats findet er die Beckenwirbelsäule fast vollständig gestreckt, nur die untere Spitze krümmt sich etwas nach vorn. Im vierten Monat wird die Längshöhlung immer stärker, dabei findet sich an zwei Stellen eine deutliche Krümmung, „eine nach vorn convexe, entsprechend dem letzten Lenden- und ersten Kreuzwirbel und im unteren Theil des Kreuzbeines eine deutliche Höhlung.“ Der erste Kreuzwirbel wird nun deutlich keilförmig und bleibt es von nun an. Im fünften Monat krümmt sich das Kreuzbein im oberen Theil stärker nach vorne und es tritt die erste Andeutung des späteren Promontoriums auf.

Meine eigenen Untersuchungen haben mich von der Richtigkeit der Angabe Fehlings bezüglich des ersten Auftretens einer Krümmung am unteren Ende des in Rede stehenden Wirbelsäulenabschnittes überzeugt, und zwar findet man im dritten Monat meistens die letzten Steisswirbel scharf hakenförmig umbogen (vergl. Fig. 10); die höchste Convexität des Bogens liegt im dritten. Dieser Zustand ist kein neuerworbener, er reicht noch weit zurück. Rosenberg (33) bildet schon von einem zwei Centimeter langen Embryo diese Knickung ab und

sagt, dass deren Winkel im 32. Wirbel gelegen habe. Tournoux und Hermann (40) zeichnen dieselbe von einem 37 mm. langen Embryo und sagen, dass die drei letzten Wirbel einen fast rechten Winkel mit den übrigen gebildet hätten. Bemerkenswerth ist es, dass bei dem in Fig. 7 abgebildeten Steissbein nicht dessen Spitze, sondern vielmehr der drittletzte Wirbel in dem Gipfel des Steisshöckers liegt, der am Präparat sehr deutlich zu sehen ist, während in anderen Figuren (6,8) die Spitze des Steissbeines und der Gipfel des Steisshöckers in bekannter Weise zusammen fallen. Eine Durchsicht der Zeichnungen dieser Abhandlung giebt den klaren Beweis, dass nicht jedes Präparat aus früher Zeit dieses hakenförmig gekrümmte Steissbein zeigt ¹⁾ und es wäre interessant, in Erfahrung zu bringen, ob es in diesen Fällen überhaupt nicht zur Ausbildung eines solchen Hakens gekommen ist, oder ob sich derselbe schon wieder zurückgebildet hatte. Zur definitiven Lösung dieser Frage gehört ein sehr grosses Material, die wenigen Präparate, welche mir zur Verfügung stehen, machen mich aber geneigt, die erstere Alternative für die wahrscheinlichere zu halten, denn es finden sich auch in späteren Studien Embryonen mit stark (Fig. 4, 5, 7) und solche mit schwach gekrümmtem (6) Wirbelsäulenende.

Was die Krümmung des Kreuzbeines anlangt, so ist es mir nicht gelungen, darüber eine allgemein anwendbare Regel zu finden, da der eine Theil der Wirbelsäulen gestreckter ist, als der andere, aber man kann doch von einer S förmig gekrümmten Linie des vorderen Grenzconturs sprechen, wobei der untere Schenkel, der ungefähr der Pars perinea sacri H. Meyers (28) entspricht, eine meist starke vordere Concavität, der obere, Pars pelvina, eine äusserst schwache der Geraden genäherte vordere Convexität zeigt. ²⁾

Die Krümmung des Kreuz- und Steissbeins ist zweifellos eine starre und constante, und unabhängig von den Bewegungen des Rumpfes, es kann dies auch nicht anders sein, da die Verbindung mit den Hüftbeinen schon Anfang des dritten Monats ganz den gleichen Beckenring, wie beim Erwachsenen bildet (Fehling l. c. S. 4). Man kann sich davon auch ganz direct überzeugen. Ist die Bauchwirbelsäule eines Embryo etwa aus der Mitte der Schwangerschaft rückwärts abgebogen, dann entsteht ein deutliches Promontorium, ist sie vorwärts gebeugt, dann vermag man ein solches nur schwer oder gar nicht nachzuweisen, ein Beweis dafür, dass das Kreuzbein an den Bewegungen der Bauchwirbelsäule keinen Theil nimmt.

Die Frage nach dem Grunde der Krümmungen des Wirbelsäulenskeletes ist eine schon öfter ventilirte, ohne dass jedoch, wie mir scheint, die wirklich massgebenden Gesichtspunkte klar gelegt worden wären. Es ist klar, dass dabei innere in der Wirbelsäule selbst gelegene Ursachen oder äussere, welche auf sie umbildend einwirken, vorhanden sein können. Die erstere Alternative wird besonders von Bouland (l. c.) verfochten; „Les courbures cervicale et dorsale

1) Vergl. auch Takahasi (37) Fig. 4.

2) Ich bemerke dabei ausdrücklich, dass ich mir die Meyer'schen Bezeichnungen, welche ganz unzutreffend sind, nicht aneignen möchte.

que présente la colonne vertébrale chez l'homme résultent de son organisation même, et non de l'action combinée de différentes causes se rattachant à la station bipède"; er sagt, dass beim Neugeborenen die Knochenkerne der Hals- und Brustwirbel keilförmig gestaltet seien, und dass die ersteren vorn, die letzteren hinten dicker wären. Bei den Halswirbeln könne auch bei gleicher Dicke des Knochenkernes vorn und hinten die knorpelige Anlage des Wirbels eine keilförmige Gestalt haben, bei den Brustwirbeln herrscht in der Gestalt der Knorpelanlage keine Regelmässigkeit. Im Gegensatz hierzu giebt schon Horner (l. c.) an, dass bei sechsmonatlichen Föten und Neugeborenen in der Dicke der Wirbelkörper vorn und hinten kein Unterschied wäre. Er macht vielmehr Schwere und Muskelkraft, Bänderzug und Eingeweidelast für die Entstehung der Krümmungen verantwortlich. Parow (l. c.) glaubt die gekrümmte Lage des Kindes im Uterus für Entstehung der Brustkrümmung und die Verbindung des betreffenden Wirbelsäulenabschnittes mit den übrigen Skelettheilen des Brustkorbes verantwortlich machen zu sollen. Hüter (19) leugnet, dass der Muskelzug im Uterus die Causa movens der Brustkrümmung sei, wie dies Horner behauptet hat, er denkt auch, wie Parow, an die Lage im Uterus, ohne sich jedoch bestimmter zu äussern. Balandin meint, es sei kaum zu bezweifeln, „dass die Brustkrümmung hauptsächlich in erster Instanz durch die Anlage des Skeletes (Verbindung der betreffenden Wirbelparthie mit dem Thorax—Parow) bedingt und dann durch den Druck der wachsenden und sich ausdehnenden Brusteingeweide ausgebildet wird.“

In erster Linie möchte ich meinerseits der mehrfach auftauchenden Ansicht entgegentreten, dass ein von der Uteruswand ausgeübter Druck von massgebendem Einfluss auf die Krümmung des Embryo sei. Dies ist zweifellos nicht der Fall. Ist der Embryo noch klein, dann ist der ihm zugemessene Raum sehr gross. Er schwimmt am Nabelstrang frei aufgehängt in einer weiten Höhle, wie jeder weiss, der einmal ein solches Ei eröffnet hat. Gerade in dieser Zeit aber ist er am stärksten gekrümmt. Auch in den späteren Monaten übt die Uteruswand einen gleichmässig wirkenden Druck auf das Fruchtwasser, aber nicht auf den in ihm schwimmenden Embryo aus. Schon unter normalen Umständen ist die Menge des Fruchtwassers sehr verschieden; existirt aber Hydramnion, dann müsste sich der Embryo immer deutlich gestreckt zeigen, was aber keineswegs der Fall ist, obgleich natürlich Abweichungen von der gewöhnlichen Lagerung vorkommen. Der beste Beweis endlich dafür, dass die gekrümmte Haltung des Embryo nicht durch Uterusdruck hervorgerufen wird, ist der, dass dieselbe auch mehr oder weniger vollständig beibehalten wird, wenn man ihn nach dem Abort in ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäss bringt und ihn daselbst sich selbst überlässt; davon geben die Figuren dieser Abhandlung Zeugniss.

Es käme nun in Frage, ob die Krümmung der fötalen Wirbelsäule in ihr selbst begründet ist, wie dies besonders Bouland aus ihrem anatomischen Bau erschliessen will. Die Angaben dieses Gelehrten sind jedoch zweifellos unrichtig, es ist mir aber leider nicht gelungen, den Grund seines sonderbaren Irrthums aufzufinden. Die Figuren der gegenwärtigen Abhandlung lehren, dass Knochen-

kerne und knorpelige Anlage der Wirbel keineswegs so regelmässig abgeschrägt sind, wie es dieser Autor will, beim siebenmonatlichen Fötus sind die Wirbelkörper vorne sogar etwas höher als hinten und es stehen meine Befunde ganz mit den genauen Messungen Horners und Ravenels im Einklang. Ich sehe dabei ganz davon ab, dass eine bleibende Halskrümmung im fötalen Leben noch gar nicht existirt, wie dies Bouland behauptet. Selbst das so deutlich gekrümmte Kreuzbein hat in den jüngeren Stadien keineswegs Wirbel von bestimmter Gestalt und in der Zeit, in welcher ein hakenförmig gekrümmtes Steissbein vorhanden ist, sind dessen Wirbel so weich und biegsam, dass man ihnen ganz unmöglich eine Eigenform zuschreiben darf. Für die spätere Fötalzeit giebt Fehling bestimmt an, dass der letzte Lenden- und der erste Kreuzwirbel einen keilförmigen Körper zeigen, eine Thatsache, welche leicht zu bestätigen ist. Auch für dieses Vorkommniss muss man aber keineswegs in der Wirbelsäule selbst gelegene Gründe annehmen, sondern kommt sehr wohl damit aus, dass man einen Einfluss äusserer Einwirkungen auf die Wirbelform voraussetzt. Es ist überhaupt ein Fehler, welcher einer Erkenntniss des causalen Zusammenhanges der Entstehung der Körperformen hinderlich im Wege steht, dass so häufig nur ein einzelnes Körpergebilde, aus dem Zusammenhang gerissen, untersucht wird. Die gegenseitige Wechselwirkung der Organe auf einander ist es, welche die definitiven Formen erzeugt, und man vermag sich durch das Studium gewisser teratologischer Formen (ich erinnere nur an die Missbildungen des Gesichtes) von der Richtigkeit dieses Satzes sehr gut zu überzeugen. Sagt doch schon vor zwanzig Jahren His (16, S. 83) sehr richtig: „Die Gestaltung, die das Organ annimmt, ist abhängig von dem Gesetze seines eigenen Wachstums, von seinen räumlichen Beziehungen zu Nachbartheilen und von dem Wachstume dieser letzteren.“

Zu der Zeit, in welcher sich die Körperform einigermaßen consolidirt hat, zu der Zeit also, in welcher die Extremitätenanlagen hervorsprossen, besteht bei den Säugethieren eine ausserordentlich grosse Uebereinstimmung in der Krümmung des Körpers. Der Kopf ist auf den dicken Leib (Herz und Leber) bis zur Berührung herabgebeugt, auch das hintere Ende ist gegen den Leib erhoben. Noch in der Fig. 8 der gegenwärtigen Abhandlung ist diese Form, wenn auch schon etwas gemildert, vorhanden. Die Sache erklärt sich einfach genug. Wirbelsäule und Rückenmark wachsen rascher, als die vorderen Theile des Körpers, besonders als Hals und Bauch. Wäre die Verbindung zwischen der Wirbelsäule und dem übrigen Körper eine weniger feste und gleichmässige oder wäre der von ihr gebildete Stab ein weniger widerstandskräftiger, dann würde sie sich schlängeln, wie es der Darm bei seinem stärkeren Wachsthum thut, so aber schiebt sie sich unter Erhaltung ihrer geraden Linie herum, wie die Peripherie des rollenden Rades um die Achse. Erst wenn die vorderen Theile des Körpers in ihrem Wachsthum nachkommen, gleicht sich das Missverhältniss zwischen beiden mehr und mehr aus, wie dies unten noch specieller ausgeführt werden wird. Es ist natürlich, dass dabei auch die innere Structur der Wirbelsäule,

zuerst die Nachgiebigkeit des Bandapparates und dann die Form der Wirbelkörper selbst, nicht ganz unbeeinflusst bleiben kann, und so sehen wir, dass zuletzt in der That die gekrümmte Brustwirbelsäule, auch wenn sie ganz frei präparirt ist, nicht mehr vollständig gerade gestreckt werden kann.

Ich vermag keinen anderen Factor für die Wirbelsäulenkrümmung zu entdecken, als die erwähnten Wachsthumerscheinungen, ganz besonders kann ich nicht glauben, dass die Verbindung der Brustwirbelsäule mit dem übrigen Thoraxskelet und der Druck der sich ausdehnenden Brusteingeweide von irgend welcher Bedeutung sind. Wäre dies der Fall, dann würden die Eingeweide doch wohl in erster Linie auf die sehr weichen Rippen und das ebenfalls weiche Brustbein wirken und würden diese ausbiegen und wölben. Man sieht davon aber nichts, wie die Besichtigung unverletzter Embryonen ergiebt, welche keineswegs einen auffallend gewölbten Brustkorb haben, wie etwa die Emphysematiker, sondern vielmehr einen kielförmigen, was sich dadurch erklärt, dass die luftleeren Lungen einen geringeren Platz einnehmen, als solche, welche geathmet haben. Die Medianschnitte der beifolgenden Tafeln erweisen auch, dass das Brustbein keineswegs stark gewölbt ist. Endlich ist auch beim Aufeinanderlegen der Pausen von den Figuren der Tafeln I—III zu ersehen, dass der Durchmesser des Brustkorbs von vorn nach hinten in allen Fällen relativ der gleiche ist, was nicht sein würde, wenn zu bestimmten Zeiten der in der Brusthöhle herrschende Druck so stark wäre, dass er ausreichte, der Wirbelsäule eine bestimmte Biegung zu verleihen. Ich lasse dabei ganz ausser Erwägung, ob ein solch starker Druck nicht die physiologische Funktion des Herzens beeinträchtigen würde.

Einer besonderen Betrachtung bedarf noch das untere Ende der Wirbelsäule, welches sich bei jungen Embryonen, wie erwähnt, hakenförmig nach vorne umgebogen zeigt. Man könnte hier auch wieder daran denken, dass die Beckeneingeweide einen formirenden Druck ausübten, da der relativ starre Beckenring eine ungehinderte Ausdehnung nicht zuliesse. Aber abgesehen davon, dass für die Eingeweide Platz genug vorhanden ist, um nach oben auszuweichen, kann der Beckenring desshalb nicht in Frage kommen, weil die primäre starke Krümmung das Steissbein und nicht das Kreuzbein, nicht einmal dessen untere Theile betrifft. Vollständig ausgeschlossen wird eine derartige Erklärung dadurch, dass zwischen dem gekrümmten Steissbein und dem gestreckten Mastdarm eine beträchtliche Schichte lockeren gallertartigen Bindegewebes liegt, welche erst dann völlig schwindet, wenn die Füllung des Darmes mit Meconium einen so hohen Grad erreicht, dass sich seine hintere Wand dicht an die Höhlung des Kreuz- und Steissbeines anlegt (Fig. 10 und 4). Es scheint nur die eine Möglichkeit der Erklärung vorzuliegen, dass sich die Wirbelsäule bei ihrem Wachsthum mehr und mehr nach unten schiebt, während sie an ihrem unteren Ende festgehalten wird. Man kann dies sehr leicht experimentell nachweisen: Ein dünner, sehr weicher Stab, welcher an der einen Seite stark zugespitzt ist, etwa ein Harnröhren-Bougie, wird am dünnen Ende mit der einen Hand fixirt, während

die andere Hand vom dicken Ende her einen Druck ausübt. Stets wird sich das dünne Ende je nach der Stärke des Druckes mehr oder weniger stark krümmen. Ich komme also zu dem Schluss, dass das abwärts fortschreitende Wachstum der Wirbelsäule bei fixirtem Ende die Krümmung hervorruft. Die noch zu lösende Frage wird nur sein, wodurch diese Fixirung bewirkt wird. Es scheint mir dabei gar nichts Anderes in Frage kommen zu können, als der seitliche Muskel- und Bandapparat des Schwanzes. Derselbe entspringt vom Becken und setzt sich am Steissbein fest. Es ist nur nöthig, dass er früher im Wachstum zurückbleibt, wie das Skelet, um dessen Verhalten gänzlich ungezwungen zu erklären.

Das Kreuzbein hat sich in dieser frühen Zeit noch gar nicht weiter von der Wirbelsäule gesondert, es gleicht ihr im Bau der Wirbelkörper und in der Krümmungslinie vollkommen. Die Krümmung, die sein „perinealer“ Theil allmählig annimmt, ist von der des Steissbeins abhängig und mit ihr identisch. Es gleicht sich nur der ursprüngliche scharfe Haken des letzteren dadurch aus, dass sich die Krümmung gleichmässiger auch auf die benachbarten Theile der Wirbelsäule vertheilt. Der obere „pelvine“ Theil des Kreuzbeins bleibt ja auch bis zur Geburt hin gestreckt, ja er nimmt sogar, wie erwähnt, eine compensatorische Convexkrümmung an, freilich eine kaum sichtbare. Wunderbar ist nur, wie es zu der später so scharfen Abknickung kommt, welche in dem zwischen Bauch- und Kreuzwirbelsäule gelegenen Promontorium vorliegt. Dieselbe tritt aber, wie oben gesagt, keineswegs plötzlich auf, sondern ist, wie ein Blick auf die Figuren ergiebt, anfänglich kaum angedeutet, um erst in den letzten Zeiten der Schwangerschaft (Fig. 3) deutlich und bleibend hervorzutreten. Die Gründe hierfür sind im Becken selbst nicht zu suchen, denn legt man die Pausen von Fig. 3 mit Promontorium und Fig. 4 ohne ein solches aufeinander, dann sieht man, dass die wesentlich in Frage kommenden Skeletpunkte derselben einander ganz gleich sind. Es ist vielmehr die erheblich stärkere Entfaltung der Weichtheile des Bauches, welche die dauernde Aenderung bedingt. Die Lendenwirbelsäule wächst dabei auch stärker, wie oben bemerkt, aber sie streckt sich nicht genug, um mit den Eingeweiden gleichen Schritt zu halten, wesshalb diese auf das in sich geschlossene Becken drücken und dasselbe an seiner Verbindung mit der Bauchwirbelsäule abknicken. Das Promontorium entsteht also in seinem ersten Anfang zweifellos nicht durch den Druck der Rumpflast, wenn auch der geschilderte Wachstumsdruck mechanisch etwas ganz ähnliches ist. Der Druck der Rumpflast kann in der von Fehling (l. c. S. 76) vortrefflich geschilderten Weise erst post partum seine Wirkung entfalten. Um die allmählich entstehende Keilform des ersten Kreuzwirbels zu erklären, dazu bedarf es dabei nicht der Herbeiziehung unbekannter Kräfte. Es wirken vielmehr dieselben bekannten Factoren, welche wir z. B. bei den Ausgleichungsvorgängen in skoliotischen Wirbelsäulen die verschiedenen Umformungen der einzelnen Wirbelkörper herbeiführen sehen.

Rückenmark und Wirbelkanal.

Ueber das Rückenmark sagt Hertwig (15) in der letzten Auflage seiner Entwicklungsgeschichte S. 383. f. „Anfangs nimmt das Rückenmark die ganze Länge des Rumpfes ein, beim Menschen bis zum vierten Monat der embryonalen Entwicklung. Es reicht daher zu der Zeit, wo sich das Achsenskelet in einzelne Wirbelabschnitte gegliedert hat, von dem ersten Hals- bis zum letzten Steisswirbel herab. Das Ende des Rückenmarkes beginnt aber keine Ganglienzellen und Nervenfasern zu bilden, sondern bleibt zeitlebens als ein dünnes epitheliales Rohr erhalten. Dasselbe setzt sich von dem grösseren, vorderen Abschnitt, der Nervenfasern und Ganglienzellen entwickelt hat, durch eine conisch verjüngte Stelle ab, die in der descriptiven Anatomie als Conus medullaris beschrieben wird. Solange das Rückenmark in seinem Wachsthum mit der Wirbelsäule gleichen Schritt hält, treten die aus ihm entspringenden Nervenpaare unter rechtem Winkel direct zu den Zwischenwirbellöchern hin, um den Wirbelkanal zu verlassen. Diese Anordnung ändert sich beim Menschen vom vierten Monat an; von da bleibt das Rückenmark in seinem Wachsthum hinter dem Wachsthum der Wirbelsäule zurück und kann daher den Wirbelkanal nicht mehr ganz ausfüllen. Da es nun oben an der Medulla oblongata befestigt ist, und diese mit dem Hirn in der Schädelkapsel festgehalten wird, so muss es in dem Wirbelkanal von unten nach oben emporsteigen. Im sechsten Monat findet sich der Conus medullaris im Anfang des Sacralkanals, bei der Geburt in der Gegend des dritten Lendenwirbels und einige Jahre später am unteren Rande des ersten Lendenwirbels, wo er auch beim Erwachsenen endet“.

Kölliker sagt ferner, dass die Cervical- und Lumbalanschwellungen bereits im zweiten Monat angedeutet seien; im dritten Monat sind sie schon bestimmt ausgeprägt.

Diese Mittheilungen lassen nun zwar über das Verhältniss des Rückenmarks zum Wirbelkanal in der Längsrichtung beider keine Zweifel, sprechen sich aber nicht weiter über das Verhältniss im sagittalen Durchmesser aus. Eine Vergleichung lehrt, dass der jüngste abgebildete Embryo (Fig. 8) weitaus die geräumigste Wirbelhöhle hat. Dieselbe wird auch nahezu vollständig vom Rückenmark ausgefüllt, nur in der Gegend der oberen Brustwirbel bleibt hinten ein schmaler Spalt, während unten beiderseits ein ganz geringer Spaltraum zu sehen ist. Beim nächst älteren Stadium (Fig. 7) hat sich die Sache beträchtlich verändert. Der Wirbelkanal ist enger geworden, das Rückenmark aber ist im Wachsthum noch mehr zurückgeblieben, als der Raum, der es beherbergt. Es entsteht daher ein schon ziemlich weiter Spalt, welcher sich an der Rückseite des Rückenmarks vom Hals bis zur Lende herunterzieht. Er ist von einer Masse erfüllt, welche sich unter dem Mikroskop als zellenarmes Gallertbindegewebe erweist. Dasselbe ist während des ganzen Fötallebens relativ spärlich vascularisirt, erst beim Neugeborenen treten grosse Venenlumina in der Gegend hinter den beiden Anschwellungen des Rückenmarks auf.

Bemerkenswerth ist es, dass das Rückenmark sich während der ganzen Fötalzeit von den Wirbelkörpern nicht entfernt, sondern dass lediglich zwischen ihm und den Wirbelbogen der breite Raum bleibt.

Der Wirbelkanal hat nun eine relative Weite erreicht, welche er bis zur Geburt nicht mehr ändert; da aber das Rückenmark immer schwächer wird, so muss der beschriebene Spaltraum immer breiter werden, wie dies auch ein Blick auf die Abbildungen erweist. Doch ist hervorzuheben, dass im Stadium der Fig. 7 ebenso wenig wie im jüngsten Stadium etwas von den Anschwellungen zu sehen ist; dieselben haben sich hier noch nicht in sagittaler, sondern in frontaler Richtung entwickelt. Erst in Fig. 6 beginnen sie sichtbar zu werden. Während sich die Lendenanschwellung in bescheidenen Grenzen hält, wird die Halsanschwellung schliesslich so dick, dass sie beim siebenmonatlichen Fötus (Fig. 3) den ganzen verfügbaren Raum ausfüllt, so dass hier der in jüngeren Stadien vorhandene Spaltraum wieder verschwunden ist; derselbe beginnt erst in der Gegend des ersten Brustwirbels zu erscheinen. Beim Neugeborenen ist die Cervicalanschwellung wieder schmaler geworden. Ein Vergleich mit dem Erwachsenen zeigt, wie sehr im extrauterinen Leben Rückenmark und Wirbelkanal schwinden, und dadurch, dass der letztere sich überall wieder enger an das erstere anschliesst, wird auch der Spaltraum mit seinem Inhalt erheblich reducirt.

Bei den abgebildeten Embryonen liegt der Conus terminalis in folgender Höhe:
Neugeborener Fig. 2: Höhe des zweiten Lendenwirbels.

Fig. 3: zwischen zweitem und dritten Lendenwirbel.

Fig. 4: Höhe des vierten Lendenwirbels.

Fig. 5: Höhe des vierten Lendenwirbels.

Fig. 6: zwischen zweitem und drittem Sacralwirbel.

Fig. 7: Höhe des dritten Sacralwirbels.

Fig. 8: Höhe des zweiten Steisswirbels.

Man sieht daraus, dass im vierten Monat eine ziemlich plötzliche und starke Verkürzung des Rückenmarkes stattfindet.

Brustbein.

Der vordere Schluss des Brustkorbes im Brustbein ist bei Embryonen, wie es die hier abgebildeten sind, längst gegeben. Nach Ruge's (34) Angaben ist dasselbe schon bei Embryonen von 3,5 Cm Scheitel-Steisslänge fertig gebildet. Man sieht auch beim jüngsten der hier abgebildeten Föten nicht allein den Durchschnitt des Brustbeins selbst, sondern auch die Abgliederung in seine drei Theile sehr gut. Dass man in Figg. 2, 4, 5, 7, 8 an der Vereinigungsstelle von Körper und Schwertfortsatz den Durchschnitt einer Rippe findet, kommt daher, dass sich bei Embryonen in der That die siebenten Rippen vor dem Brustbein sehr häufig bis zur Berührung nähern. Ruge (l. c. Tf. XVIII, Fig. 9) bildet dies von einem 32 Cm langen Fötus ab; auch ich habe es bei der Präparation von Föten verschiedenen Alters in gleicher Weise finden können. Luschka (24, S. 105) sagt vom Erwachsenen, dass gelegentlich die Sternalenden des achten

Rippenpaares vor dem oberen Ende des Schwertfortsatzes liegen, daselbst durch ein in der Mittellinie liegendes Gelenk mit einander verbunden. R u g e (l. c.) fügt dem hinzu, dass auch häufig das siebente Rippenpaar vor dem Processus ensiformis gelagert sei. Es muss aber zweifellos dieses Zusammenstossen zweier Rippenenden vor dem Proc. ensiformis im embryonalen Leben häufiger sein, wie im extrauterinen, denn man kann es nicht als einen Zufall ansehen, dass unter fünf abgebildeten Embryonen vier dieses Verhalten zeigen, ebenso auch der Neugeborene; es ist vielmehr anzunehmen, dass später in der Mehrzahl der Fälle die betreffende Rippe zurückweicht und dass die Fälle, in welchen sie sich auch bei Erwachsenen in der beschriebenen Lage findet, als ein Stehenbleiben auf einem fötalen Zustand anzusehen sind.

Die Länge des ganzen Brustbeins und die seiner drei Abtheilungen bleibt während des ganzen Fötallebens ebenso constant, wie die der Brustwirbelsäule, und es gehen die Schwankungen nicht über das Bereich individueller Verschiedenheiten hinaus.

Was die Stellung des Brustbeins anlangt, so findet man, dass der obere Rand seines Handgriffes bis zur Höhe des siebenten Halswirbelkörpers aufsteigt, dass er somit erheblich höher liegt, als beim Erwachsenen, wo er nur die Höhe des zweiten Brustwirbels erreicht. Untersucht man einen älteren Embryo, dessen Kopf stark nach vorne gekrümmt ist, dann findet man den Griff noch höher stehend; bei einem jüngeren aber (Fig. 8) ist die starke Beugung des Kopfes ohne Einfluss. Die Richtung des Brustbeines von oben nach unten steht natürlich in engstem Zusammenhang mit dem Inhalt der Brust- und Bauchhöhle, speciell mit dem Raum, welchen Herz und Leber beanspruchen. Schieben sich Brust- und Baucheingeweide zusammen, wie es bei starker Krümmung des ganzen Embryonalkörpers geschieht, dann stellt es sich schräger, als wenn sich bei Streckung der Wirbelsäule der ganze Brustkorb in die Länge zieht. In diesem Falle findet man das Brustbein in der Längsrichtung gekrümmt, wie dies Figg. 3 und 4 beweisen. Das ganze Skelet der Brust ist eben noch so weich und nachgiebig, dass es sich den Bewegungen des Inhaltes der Körperhöhlen anbequemt, nicht wie später, wo nur die Bauchdecken und das Zwerchfell die Ausgleichung bei Streckung und Beugung des Rumpfes übernehmen können.

Ueber die im Brustbein sichtbaren Knochenkerne mögen die Abbildungen Aufschluss geben; ich füge eine weitere Besprechung nicht hinzu, da es bekannt ist, dass in ihrem Auftreten keine typische Regelmässigkeit herrscht.

Inhalt der Körperhöhlen.

Der Inhalt der Brust- Bauch- und Beckenhöhle — die Schädelhöhle wird unten mit dem Kopf besprochen werden — war bei Besprechung der Wirbelsäule und ihrer Krümmungen schon Gegenstand einiger Bemerkungen und der Leser wird sich erinnern, dass das Wachsthum der Brusthöhle im Ganzen ein sehr gleichmässiges, das der Bauchhöhle aber ein ungleichmässiges ist. Es wird nun zu untersuchen sein, wie die in der Mittellinie sichtbaren Theile sich im Ein-

zelen verhalten. Dabei kann man aber den Inhalt von Brust und Bauch in der Betrachtung keineswegs scharf von einander trennen; das Zwerchfell, dessen Stellung sich selbst beim Erwachsenen noch stark von den anliegenden Theilen beeinflusst zeigt, wird dies noch weit mehr im Embryonalzustand, wo seine Substanz noch dünn und functionslos ist, während Herz und Leber eine gewaltige Ausbildung haben. Es sei hervorgehoben, dass der Gipfel seiner Kuppel, wenigstens in den jüngeren Stadien, etwas höher steht wie später, bis zum Niveau des siebenten Brustwirbels hinauf. Freilich wäre es irrig, wenn man glauben wollte, dass das Zwerchfell ganz irrelevant sei, eine Scheidewand stellt es doch immerhin dar und es verhindert durch Form und Ansätze, dass sich die Druckverhältnisse im Bauche auch auf den Inhalt der Brusthöhle forterstrecken, was für die unten zu erwähnenden Vorgänge beim Wachsthum des Darmes von Bedeutung ist.

Das Herz hat um die Mitte des Embryonallebens im Verhältnis zum Gesamtkörper ein Gewicht wie 1: 132 (Mittel aus den Angaben von Arnovljević (2) und Brandt (6), beim Erwachsenen wie 1: 170 (Mittel der Angaben bei Henle (14, S. 44 f). Das gleiche Verhältnis bei der Leber beträgt um die Mitte des Embryonallebens nach den beiden genannten Autoren 1: 15—19, beim Erwachsenen nach Huschke (20) 1: 36. Die so ausserordentlich überwiegende Entwicklung dieser beiden Organe ist offenbar auf verschiedene Gründe zurückzuführen, die man kurz als functionelle und nutritive Hypertrophie bezeichnen kann. Die Arbeit, welche das Herz zu verrichten hat, um das Blut durch die Placenta zu treiben, ist eine gewaltige und muss zweifellos als grösser angesehen werden, wie der im extrauterinen Leben dafür eintretende Ersatz der Arbeit im kleinen Kreislauf. Die Leber aber wächst übermässig, weil sie von Anfang an das beste Blut in reichlicher Menge aus erster Hand erhält, d. h. also am besten von allen Organen ernährt wird. In der Brusthöhle kommt ausserdem nur noch die Thymus einigermaßen in Betracht; die nicht lufthaltigen Lungen treten im Volumen stark zurück. In der Bauchhöhle ist die Ausbildung des Darmes eine um so geringere, je jünger der Embryo ist. Nach den Messungen von Arnovljević und Brandt (l. c.) gestaltet sich dessen Wachsthum vom vierten Fötalmonat ab folgendermassen:

4 Monat	—	91	Cm	Länge.
5	„	—	184	„ „
6	„	—	184	„ „
7	„	—	231	„ „
8	„	—	294	„ „
9	„	—	309	„ „
10	„	—	410	„ „

Jede Betrachtung von Präparaten erweist, dass man nicht fehlgeht, wenn man für die vor dem vierten Monat gelegene Fötalzeit eine ähnliche Progression annimmt.

Es lehren nun die Figuren, dass die Gleichmässigkeit des Wachsthumes der Brust und der oberen Bauchgegend, so weit die Leber reicht, eine vollkommene ist; die Figg. 4 bis 8 zeigen keine Unterschiede, welche über das

Bereich der individuellen Schwankungen hinausgehen; dagegen sieht man, wie bald früher bald später die Symphyse herunterrückt, d. h. also, wie der unter dem Nabel gelegene Theil des Bauches wächst. Der darüber gelegene Theil ist fast durchweg noch sehr kurz; man sieht, dass der obere Umfang des Nabels fast in gleicher Höhe mit dem unteren Leberrand steht. Erst im Stadium der Fig. 4 vergrössert sich die Entfernung zwischen beiden sichtlich und bei Fig. 3 und 2 ¹⁾ ist neben der bedeutenden Verlängerung der unteren Bauchgegend auch eine ebensolche der oberen Bauchgegend zu constatiren.

Dieser Vorgang ist aber fast ganz auf die Bauchwand und die von ihr umschlossenen Eingeweide, speciell den Darm, zu beziehen, während die relative Länge der Wirbelsäule nur wenig wächst (vergl. oben S. 8. Der Erfolg ist der, dass sich diese letztere aus ihrer nach vorne gekrümmten Stellung mehr und mehr streckt und dass das Becken gewissermassen nach hinten abgeknickt wird, wie dies oben S. 18 bereits ausgeführt wurde.

Bei einer Vergleichung der Zeichnungen fällt es auf, dass der Leberdurchschnitt der Fig. 3 und 2 erheblich kleiner geworden ist, eine Erscheinung, welche in der Reihe der jüngeren Embryonen nicht hervortritt, bei welchen vielmehr dieser Durchschnitt überall ziemlich gleich gross ist. Eine wesentliche Verschiebung der Lage des Organes, an welche man vielleicht denken könnte, ist nicht eingetreten, was durch die auf den Präparaten sichtbaren Durchschnitte der grossen Gefässe bewiesen wird, es muss vielmehr die Leber in Wirklichkeit kleiner geworden sein. Man weiss, dass sie später im extrauterinen Leben durch den Druck der anliegenden Theile activ schwindet (Toldt und Zuckerkandl, 39) und es ist nur natürlich, dass sie auch im intrauterinen Leben durch einen solchen Druck beeinflusst wird. So wenig es möglich war, in der Brusthöhle einen grösseren Wachstumsdruck zu constatiren, so sicher muss er in der Bauchhöhle herrschen, da sich sonst weder das stärkere Längenwachsthum der Lendenwirbelsäule, noch die Abknickung des Beckens, noch die in Rede stehende Erscheinung an der Leber erklären würde.

Ist es nun möglich, zu entdecken, wodurch der stärkere Druck in der Bauchhöhle hervorgerufen wird? Es scheint mir dies allerdings der Fall zu sein. In der ersten Hälfte der Schwangerschaft ist der Darm noch relativ kurz und ganz leer, so dass der vorhandene Platz für ihn vollständig ausreicht. In der zweiten Hälfte aber beginnt er, sich mit Meconium zu füllen, wobei er sich in immer rascherem Tempo verlängert, es ist also seine Vergrösserung eine doppelte. Man könnte sich sogar vorstellen, dass gerade die Füllung mit Meconium den Reiz abgäbe für die so erhebliche Verlängerung des Darmrohres; dies mag jedoch dahingestellt bleiben. Soviel aber darf ich nach den abgebildeten und noch einer Anzahl anderer Präparate als sicher ansehen, dass erst von dem Zeitpunkt ab,

1) Dass beim Neugeborenen die obere Bauchgegend etwas weniger lang erscheint, als beim siebenmonatlichen Fötus, ist auf die Körperhaltung im Ganzen zurückzuführen, welche bei letzterem ganz besonders stark gestreckt erscheint.

wo die Füllung des Darmes mit Meconium stärker zunimmt, die Verlängerung des Bauches deutlicher hervortritt, so dass ein causaler Zusammenhang zwischen beiden kaum geleugnet werden kann.

Soweit über Brust- und Bauchinhalt im Ganzen und nun noch einige Worte über die Organe im Einzelnen.

Vom Herzen sagt Meckel (S. 44): „Es liegt anfänglich nicht schief, sondern mit der Spitze gerade nach vorn und etwas nach unten gewandt. Erst im vierten Monate wendet es sich etwas nach der linken Seite.“ Dies ist nicht ganz zutreffend, denn wie ein Blick auf die Zeichnungen erweist, ist in keinem einzigen Präparat das Herz in der Mitte getroffen; wohl aber ist dies bei Fig. 8 nahezu der Fall und vergleicht man diese Figur mit der Zeichnung vom Erwachsenen, dann springt der Unterschied sehr in die Augen. Schon beim nächst älteren Embryo ist das Herz stark nach links verlagert und bleibt dies nun für immer. Es ähnelt nun der Schnitt mehr und mehr den Verhältnissen beim Erwachsenen. Aber vollkommen demselben gleich erscheint er niemals; wenn auch in keinem Fall ebenso wie bei Erwachsenen ganz die gleichen Theile bei den verschiedenen Embryonen getroffen sind, so ist es doch unverkennbar, dass bei den älteren das Herz weiter nach links gelegen ist, als später. Die Aorta ascendens findet sich bei Erwachsenen ebenso im Schnitt, wie bei fast sämtlichen Embryonen, die Vena cava inferior nur ihre Mündung im rechten Vorhof aber, welche bei den gedachten Embryonen auf dem Schnitt so sehr auffällt, liegt bei Erwachsenen stets rechts von der Mittellinie. Dies hängt ganz klar zusammen mit den Veränderungen, welche die Lage der Leber im extrauterinen Leben erleidet, wo sie sich mehr und mehr aus der linken Bauchhälfte zurückzieht, um mit ihrer grössten Masse im rechten Hypochondrium Platz zu finden (Symington, 36) (Flourens, 12 a). Zieht ja doch beim Erwachsenen die obliterirte Nabelvene vom Nabel aus stets schräg nach der rechten Seite hin, während dieses Gefäss bei den Embryonen aus der zweiten Hälfte der Schwangerschaft genau in den Median-schnitt zu fallen pflegt. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass bei den veränderten Verhältnissen nach der Geburt Leber, Herz und das dazwischen gelegene Zwerchfell im ganzen eine Bewegung nach rechts hin ausführen müssen, sonst würde unmöglich die Vena cava so gerade aufsteigen können, wie sie dies wirklich thut. Bei Embryonen ist sie am oberen Ende leicht nach links hinübergebogen, denn liefe sie so vollständig gestreckt, wie später, dann müsste sie nothwendig ganz in den Schnitt fallen, während sie dies in Wirklichkeit nur in der kurzen Strecke von der Leber aus zum Herzen thut.

Von sonstigen grossen Blutgefässen fällt nur noch die Vena anonyma auf, deren Querschnitt sich von dem des erwachsenen Körpers gar nicht unterscheidet. Ganz unmittelbar vor ihr liegt die Thymus, welche sich im Laufe des Embryonallebens nicht unbeträchtlich vergrössert. Sie verdrängt dabei das lockere gallertartige Mediastinalgewebe, welches in früherer Zeit den für sie bestimmten Raum einnimmt. Schon Meckel sagt (l. c. IV S. 456): „Anfangs ist sie verhältnissmässig kleiner als späterhin, und bis zur Reife des Fötus nimmt ihre

verhältnissmässige Grösse zu.“ Lomer (23) bemerkt: „Während der intra-uterinen Entwicklung der Frucht wächst sie schneller als der Gesamtkörper, um, wenn die Frucht sich der Reife nähert, mit der Entwicklung des Körpers Schritt zu halten.“ In dem Zeitraum von siebenzig Jahren, welcher zwischen diesen beiden Aeusserungen liegt, sprechen sich alle Autoren in ähnlicher Weise aus. Die Gestalt des Thymusdurchschnittes ist eine ungemein verschiedene, wie ein Blick auf die Figuren erweist.

Die im Mediastinum posticum liegenden Gebilde sind Trachea und Oesophagus. Was die erstere anlangt, so kann man sagen, dass sie bei den jüngeren Embryonen in der Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen 4. und 5. Halswirbel beginnt und sich in der Höhe des dritten Brustwirbels in die beiden Bronchien theilt. Gegen die Geburt hin rückt der Beginn etwas in die Höhe und steht dem vierten Halswirbelkörper gegenüber. Die Bronchialtheilung rückt um eine halbe Wirbelbreite abwärts auf die Bandscheibe zwischen drittem und viertem Brustwirbel; es scheint demnach, als wenn die Luftröhre im Laufe der Embryonalentwicklung eine relative Verlängerung erführe. Dies ist aber nicht der Fall; es verhält sich die Sache vielmehr umgekehrt, indem, wie schon erwähnt, die Halswirbelsäule sich verkürzt. Vom Oesophagus des Neugeborenen sagt Mettenheimer (27, S. 312): „Er ist bis zum dritten Brustwirbel der Wirbelsäule angelagert, um sich dann aber vom 3. — 4. Wirbel an mehr und mehr in leichtem Bogen nach vorn zu wenden, sodass ein Zwischenraum zwischen ihm und der Wirbelsäule entsteht.“ Aehnliches sieht man auch bei allen Embryonen, aber freilich nicht allein bei ihnen sondern auch bei Erwachsenen. Vergleicht man die in der Litteratur vorhandenen Medianschnitte, dann sieht man, dass die Lage des Oesophagus beeinflusst wird von der Füllung der Vorhöfe des Herzens, von dem Stand des Zwerchfells und von der hinter ihm gelegenen Aorta, so dass er in seinen unteren Theilen, wo er nicht mehr von der Trachea an der Wirbelsäule festgehalten wird, bald weiter nach vorn, bald weiter nach hinten gerückt erscheint. Da die Cardia des Magens schon im jüngsten abgebildeten Stadium auf der linken Körperseite liegt (vergl. Toldt, 38, Fig. 5), so muss auch die Speiseröhre nach links abweichen, was in allen Präparaten deutlich ist. Da sie jedoch in sehr durchsichtiges gallertiges Bindegewebe eingeschlossen ist, kann man sie in den jüngeren Stadien trotzdem als wohl sichtbaren Strang bis zum Zwerchfell hinab verfolgen. Bei den älteren Embryonen wird die untere Hälfte seines Verlaufes nicht selten durch einen kleinen Abschnitt des unteren Lappens der rechten Lunge verdeckt, welcher über die Mittellinie hinweg noch auf die linke Körperseite hineinragt. Ich bemerke ausdrücklich, dass die Schnitte nicht etwa seitlich von der Mittellinie verlaufen, was übrigens ein Blick auf die Durchschnitte der Wirbel und des Rückenmarks der Figg. 3., 4., 5 ohne Weiteres lehrt.

In der Bauchhöhle sieht man unter der Leber Duodenum oder Magen, je nach dem Alter der Frucht. Der Magen ist auch in früheren Stadien leicht durch seine sehr starke Muskulatur kenntlich. Vom Pancreas ist nur in

Fig. 8 keine Spur zu entdecken, alle älteren Stadien lassen den Durchschnitt mehr oder weniger deutlich erkennen. Er steht anfänglich höher, gegenüber dem zwölften Brustwirbelkörper, und rückt erst allmählich in seine definitive Lage, vor dem zweiten Bauchwirbelkörper, herab. Dies steht natürlich in engstem Zusammenhang mit den Lageänderungen, welche Magen und Duodenum ausführen, über welche man sich bei Toldt (l. c.) bestens unterrichten kann.

Das Convolut der vom Schnitt getroffenen Darmschlingen, sowie der in den meisten Präparaten sichtbare Längsschnitt der Aorta abdominalis geben zu Bemerkungen keinen Anlass.

Becken.

Das embryonale Becken steht, wie bekannt, in umgekehrtem Verhältniss zum embryonalen Kopf, dieser ist im Verhältniss weit grösser als später, jenes weit kleiner, und man sieht an den Figuren, dass sich die Stellung des Symphysendurchschnittes im Lauf der Zeit nicht unbeträchtlich ändert. Um dies nachzuweisen, muss die vordere, obere Ecke des ersten Kreuzbeinkörpers, d. h. also die untere Begränzung des Promontoriums als Punctum fixum angenommen werden. Dies ist deshalb nöthig, weil die Wirbelsäule, wie oben bemerkt, ihres gleichmässigen Wachsthumes wegen dazu am ersten brauchbar ist und weil gerade nach dem ersten Kreuzwirbel hin die Linie des Beckeneingangs, sowie die der Hüftbeinkämme zusammenlaufen, welche von ausschlaggebender Wichtigkeit sind¹⁾. Man zieht nun auf den Pausen eine Linie, welche den gedachten Punkt mit dem oberen Umfang des Symphysendurchschnittes verbindet, und legt sie so aufeinander, dass sich die Linien und die Promontorien decken. Nun wird man finden, dass das ganze untere Ende der Wirbelsäule, Kreuz- und Steissbein aller Zeichnungen sich soweit decken, wie dies eben bei den vorhandenen individuellen Verschiedenheiten möglich ist. Die Symphysen aber decken sich keineswegs, sie gleiten vielmehr an der gezogenen Linie abwärts, es verlängert sich also die Conjugata. Und zugleich stellt sich die Ebene des Beckeneingangs schräger. Schon im fünften Monat (Fig. 4) ist jedoch das Ende des relativen Wachstums dieser Linie erreicht, es neigt sich aber nach der Geburt die Symphyse mit ihrem oberen Umfang noch stark nach vorn, so dass der längste Durchmesser ihres Durchschnittes beim Erwachsenen schräg nach vorne aufsteigt, während er am fötalen Becken weit steiler aufgerichtet ist.

Was den auf den Medianschnitten sichtbaren Inhalt des Beckens anlangt, so handelt es sich bei männlichen Früchten wesentlich um den Mastdarm und die Harnröhre mit ihrer Umgebung.

Die Blase liegt, wie schon längst bekannt ist, (vergl. Takahasi 37,

1) Ich lasse dabei ganz unberücksichtigt, dass der Beckeneingang beim fötalen Becken an dem Skeletpräparat hinten in einer tieferen Ebene zu liegen scheint wie später, (vergl. Veit 41; Conjugata inferior Fehling), da die Verbindungen der einzelnen Skelettheile unter sich in allen Altern die gleichen sind.

Disse 11.) zum grössten Theil in der Bauchwand oberhalb der Symphyse. Ihr unteres Ende, d. h. also der Anfang der Harnröhre steht jedoch dabei keineswegs überall gleich hoch, es machen sich vielmehr individuelle Verschiedenheiten geltend, deren Gründe jedoch meine Präparate nicht ersichtlich werden lassen. Ordnet man diese so, dass man die Conjugaten, sowie die oberen Ränder der Symphyse zur Deckung bringt, dann findet man, dass der Harnröhrenanfang in Fig. 3 u. 2 am höchsten steht, dann folgt etwas tiefer und ziemlich an gleicher Stelle stehend Fig. 6, 7, 8, am tiefsten befinden sich, ebenfalls wieder fast ganz gleich hoch, die fraglichen Punkte bei Fig. 4, 5 und dem Erwachsenen. Mettenheimers (l. c. S. 359) Frage, ob beim Neugeborenen die Stellung der Blase in beiden Geschlechtern eine verschiedene sei, wurde schon von Disse (l. c. S. 47) verneint, ehe sie aufgeworfen wurde. Auch meine Präparate sind einer Bejahung derselben keineswegs günstig.

Die Form der Blase, wie sie in den Figuren hervortritt, ist auf den jeweiligen Füllungsgrad zurückzuführen. Gefüllt ist sie schon bei jungen Föten rundlich (Fig. 8), während sie leer langgezogen und spindelförmig erscheint. Dabei ist sie relativ sehr gross und gerade dieser Umstand ist es, welcher ihr hohes Hinaufreichen an der Bauchwand erklärt, besonders wenn man noch in Erwägung zieht, dass der Raum zwischen Symphyse und Nabelöffnung bei jüngeren Föten sehr kurz ist. In späteren Monaten nähert sich die Form der leeren Blase schon der, welche man von Erwachsenen bei stark contrahirter Muskulatur kennt.

Der Mastdarm jüngerer Föten ist leer und zeigt eine stark gefaltete Schleimhaut. Er tritt in leichtem Bogen in das Becken ein und läuft in demselben parallel seiner Führungslinie. Es bleibt dabei zwischen ihm und dem hakenförmig vorwärts gekrümmten Ende der Wirbelsäule ein freier Raum, welcher, wie schon (S. 17) erwähnt, von ganz lockerem Bindegewebe ausgefüllt ist, was auch von Tournoux und Herrmann (l. c.), sowie von Takahasi (l. c.) bemerkt wurde. Füllt sich das Rectum mit Meconium, dann wird vor allem dieser Raum in Anspruch genommen, und es legt sich die hintere Wand des Mastdarmes in die Aushöhlung des Kreuz-Steissbeines hinein. Auch die vordere Wand des Mastdarmes rückt von ihrem ursprünglichen Platze weiter nach vorn, was ihr dadurch möglich wird, dass der sagittale Durchmesser des Beckens eine Vergrösserung erfährt, wie dies oben ausgeführt wurde. Dass der Mastdarm bei Föten nicht genau in der Medianebene liegt, wie dies von Freund (13) festgestellt wurde, spielt bei der Betrachtung von Medianschnitten keine wesentliche Rolle und ist auch im Allgemeinen von geringerer Bedeutung, da sich Blase und Genitalien dem vorhandenen Raum anbequemen und sich compensatorisch verschieben.

Der Raum, den die in Frage kommenden Theile des Urogenitalapparates einnehmen, vergrössert sich nicht, er bleibt verhältnissmässig eben so gross, wie in den früheren Monaten.

Ueber die Verhältnisse des weiblichen embryonalen Beckens ist schon sehr viel gesagt worden; man findet die Litteratur bei Nagel (30) zusammengestellt. Dieser Autor sagt, dass bei Embryonen von 5 bis 17 cm Rumpflänge der Ge-

schlechtsstrang einen ziemlich regelmässigen Abschnitt eines Kreises bilde, dessen Centrum etwa in der Gegend der Symphyse gelegen sei und an welchem an Stelle des späteren äusseren Muttermundes eine flachwinkelige Knickungsstelle zu bemerken sei. Je älter der Embryo, um so ausgesprochener wird sodann die Vorwärtsneigung des späteren Uterus. Dies alles ist leicht zu bestätigen.

Was die äusseren Umgebungen des Beckenskeletes anlangt, so fällt ganz besonders in die Augen, dass in der zweiten Hälfte des Embryonallebens die Weichtheile des Beckenausgangs ausserordentlich zunehmen. Während früher das Steissbein sogar äusserlich als Steisshöcker sichtbar war, wuchern die deckenden Weichtheile mehr und mehr und es sieht aus, als sei die stärkere Fortbildung der äusseren Genitalien das treibende Moment, welches auch die hinteren Theile zwingt, weiter abwärts zu treten. Doch wage ich es nicht, hierüber ein bestimmtes Urtheil abzugeben, ohne noch eine Reihe anders angefertigter Präparate untersucht zu haben. Takahasi (l. c. S. 46) betont die Anwesenheit eines Keiles von lockerem Bindegewebe, welcher in der Gegend des späteren Mons veneris von den Bauchdecken zum Penis herüberzieht. Seine Anwesenheit bewirkt es, dass nur ein kleines Stück des Penis frei die Oberfläche überragt. Auch auf die Erectionsstellung des Gliedes, wie man sie bei jüngeren Embryonen findet, macht derselbe Autor aufmerksam. Es mag genügen, auf den angezogenen Aufsatz hinzuweisen; ich selbst habe demselben nichts weiter hinzuzufügen.

Gebilde von grösserer Wichtigkeit, welche man vom Medianschnitt des Beckens aus nicht zu beurtheilen vermöchte, giebt es eigentlich nicht, denn dass die Muskeln der Beckenwand oder die Nerven und Gefässe bei der Umformung des Beckenskeletes eine grössere Rolle spielten, ist nicht wohl anzunehmen. Bei dieser Umformung aber handelt es sich um zwei Vorgänge, erstens um die relative Verlängerung der Conjugata und zweitens um die Entstehung der männlichen und weiblichen Form, deren Anfänge nach Fehling (l. c.) bis in den vierten Fötalmonat zurückreichen können — deutlich fand er sie zum ersten Male bei fünfmonatlichen Föten — welche aber jedenfalls vollkommen deutlich beim Neugeborenen vorhanden sind. Aeussere Einwirkungen können die Verschiedenheit bei beiden Geschlechtern nicht bedingen, wie aus einem Fall von Romiti (*Atti della Soc. Tosc. Scienc. nat.* VIII 1892) hervorgeht, welcher bei normalen, in Kopflage geborenen Zwillingen die sexualen Verschiedenheiten in charakteristischer Weise ausgebildet fand. Fehling verzweifelt jedoch daran, eine mechanische Erklärung finden zu können und er hält die Verschiedenheit in der männlichen und weiblichen Form des Beckens für „Folge einer ursprünglichen Anlage“. Dies ist aber nichts weiter, als das Eingeständniss, dass eben die Causa movens nicht zu finden ist, und ich meinerseits möchte mich nur im alleräussersten Nothfall dazu entschliessen, die Untersuchung aufzugeben. Es bleibt uns leider auch ohne dies nur allzuviel übrig, wo wir durch allgemeine Schlagworte unsere bedauerliche Unkenntniss der biologischen Vorgänge und ihres causalen Zusammenhangs zu verdecken haben. — Dass die inneren weiblichen Genitalien nicht Grund des geräumigeren weiblichen Beckens sein können, hat Fehling (l. c.

S. 55 f.) überzeugend nachgewiesen. Sie sind an sich noch sehr unentwickelt, können jederzeit nach oben ausweichen und liegen ferner zum guten Theil überhaupt schon über der Ebene des Beckeneingangs. Wenn man sagt, dass Frauen mit abnorm kleinen inneren Genitalien enge, solche mit abnorm grossen aber weite Becken haben, so ist dies keineswegs für alle Fälle zutreffend und wer sagt ausserdem, was beim Zusammentreffen eines weiten Beckenraumes und eines doppelten Uterus das primäre, was das secundäre ist. Man kann sich ebenso gut vorstellen, dass das breite Becken Veranlassung der Genitalmissbildung war, wie das Umgekehrte. Trotz dieses sicheren Ausschlusses eines Einflusses der inneren Genitalien auf die Form des Beckens müssen aber doch die Genitalien die Beckenform bestimmen, sonst würde dieselbe nicht so streng nach den Geschlechtern verschieden sein, wie dies wirklich der Fall ist. Es fragt sich nun, ob etwa die äusseren Genitalien zur Erklärung herbeigezogen werden können. Dies scheint mir allerdings der Fall zu sein, wenn man sich nur auch an das erinnert, was oben über die Entwicklung des Bauches gesagt wurde.

Die männlichen und weiblichen äusseren Genitalien stehen in einem ähnlichen Verhältniss zu einander, wie etwa die geschlossene Oberlippe und die mit einer Hasenscharte versehene. Wer sich aber ein Gesicht mit einer Lippenspalte ansieht, der weiss, dass diese Bildungshemmung ihren Einfluss auch noch weiterhin geltend macht, dass selbst die ganze Nase dadurch oft eine charakteristische breite Form erhält. Wenn aber das Gesichts-Skelet in ausgiebiger Weise durch die Weichtheile beeinflusst wird, dann muss dies auch an anderen Stellen der Fall sein können und es wird von der Zeit an, zu welcher die männlichen Genitalien verwachsen sind, die Fortbildung des Beckens durch die Spannung der geschlossenen Weichtheile verhältnissmässig behindert sein. Diese Behinderung muss sich aber wesentlich auf die Schamgegend, d. h. auf die Gegend der Symphyse beschränken und gerade sie muss bei weiblichen Föten ein freieres Wachsthum entfalten können, da hier von einer Spannung keine Rede sein kann. In der That finden wir bei Fehling die Angabe, dass das Mädchenbecken eine querovale, das Knabenbecken eine mehr dreieckige Form habe. Auch hebt er hervor, dass die faserige Bandmasse zwischen den Knorpeln beim Mädchen stärker angelegt ist. „Die Folge davon ist, dass die Schossbogenschenkel bei neugeborenen Mädchen weiter auseinanderstehen, häufig schon in einem schönen Bogen zusammenlaufen“ (l. c. S. 62).

Wenn danach vermuthlich schon das Fehlen der Spannung der deckenden Weichtheile genügen würde, um eine Verbreiterung der vorderen Theile des weiblichen Beckens herbeizuführen, so kommt dazu noch der oben erwähnte Druck des verlängerten und mit Meconium gefüllten Darmes, welcher natürlich nicht allein den Bauch verlängert, sondern auch das Becken beeinflusst. Vor Allem wird hier aber das gefüllte Rectum in Frage kommen, welches seinen Einfluss ganz deutlich in der relativen Verlängerung der Conjugata bei beiden Geschlechtern geltend macht. Freund (l. c.) macht die Angabe, dass die Füllung im Laufe des fünften Monats in der Weise vor sich gehe, „dass das mittlere Stück des Mastdarms, welches längs der Incisura ischiadica major hinunterliegt, von Be-

ginn der Füllung an den grössten Umfang annimmt. Das unterste ist von dem mittleren durch eine quere Furche geschieden. — Erst mit der fortschreitenden Anfüllung gleichen sich diese Dickenunterschiede der einzelnen Abschnitte mehr und mehr aus“. Auch meine Präparate lassen den Durchschnitt des stärker gefüllten Mastdarms mehr oder minder spindelförmig erscheinen. Aus der ganzen Darstellung Freund's erhellt, welch' bedeutenden Druck der gefüllte Mastdarm auf den Genitalkanal und die Blase ausübt. Wenn dies aber der Fall ist, dann muss sich ganz nothwendig der Druck auch auf die umgränzenden Beckenwände fortpflanzen.

Kopf und Hals.

Es wird allgemein angenommen, dass der Kopf des Fötus im Laufe der Entwicklung¹⁾ mehr und mehr in seinem Wachsthum zurückbleibt. Diese Annahme ist jedoch durchaus nicht ohne weiteres richtig. Nur der jüngste Fötus (Fig. 8) hat einen in allen Theilen verhältnissmässig grösseren Kopf, wie der älteste, bei allen übrigen ist in der relativen Grösse des Gesichtes und der vorderen Theile der Schädelhöhle kein Unterschied vorhanden, der über die Grenzen individueller Schwankungen hinausginge. Erst in der allerletzten Zeit der Fötalentwicklung bleibt der Kopf relativ ein klein wenig zurück, wie mich Schnitte durch die Körper von grossen ausgetragenen Kindern lehren (Fig. 2). Der Anschein von einer immer geringer werdenden Wachstumsenergie des Kopfes wird nur dadurch hervorgerufen, dass das anfangs noch stark unentwickelte Beckenende des Stammes immer mehr heranwächst, wodurch das Missverhältniss zwischen oben und unten ausgeglichen wird. Der hintere Theil des Kopfes aber macht von dessen übrigem Verhalten eine bemerkenswerthe Ausnahme, was sofort auffällt, wenn man die Schädelbasis betrachtet. Der hinter dem Türkensattel befindliche Theil derselben, ist verhältnissmässig um so länger, je jünger der Fötus ist, wie jeder Blick auf die Figuren lehrt. Der Grund für diese Erscheinung ist darin zu suchen, dass sich die Gehirnbasis bis zur Brückenbeuge hin in ihrer Massentwicklung durchaus dem Rückenmark anschliesst, dass somit diese Theile des Gehirnes umso mehr in ihrem Wachsthum zurückbleiben, je älter der Fötus wird. Es ist bemerkenswerth, dass das Skelet, welches das Rückenmark umschliesst, nur im Halstheil sich ähnlich verhält, wie die hintere Hälfte der Schädelbasis, indem es sich daselbst, wie oben erwähnt, im Laufe der Entwicklung verkürzt, während die anderen Theile ihre eigenen Wege gehen. Doch erklärt sich diese Thatsache leicht. Die Gebilde, welche neben dem Centralnervensystem noch am Hals und unter der hinteren Schädelbasis die Gestaltung des Skeletes etwa beeinflussen könnten, sind so beweglich und so schwach entwickelt, dass sie gar nicht weiter in Frage kommen, sondern dass Rückenmark und Medulla oblongata ganz allein dessen Verhalten bestimmen. Je mehr man sich aber der Brust nähert, um so mehr gewinnt diese an Einfluss auf die Wirbelsäule, während

1) Abgesehen von den frühesten Stadien. (Vergl. His, 17, II. S. 63 ff.)

ihn das an Masse stark zurücktretende Rückenmark verliert. In gleicher Weise wird auch das auf dem vorderen Theil der Schädelbasis liegende noch überaus weiche Gehirn durch das Gesicht daran verhindert, das Skelet ganz nach eigenem Wachsthum zu formen. Unten wird das Skelet grösser, als es das Centralnervensystem nöthig hätte, oben bleibt es kleiner und zwingt dadurch das immer stärker heranwachsende Grosshirn nach oben und hinten auszuweichen. Freilich ist dabei nicht etwa aller Einfluss des Gehirnes auf das Gesicht ausgeschlossen, sondern dieses wird anfänglich, wo es noch klein und sehr unvollständig ist durch das übermächtig wachsende Gehirn in der Art nach unten gedrängt, dass sich die Schädelbasis vom Türkensattel ab nach vorne stärker senkt, der Grund für die Erscheinung, dass der „Sattelwinkel“ (Virchow) d. h. der Winkel, welchen die Ebene des Clivus und diejenige der vor dem Türkensattel gelegenen Schädelbasis mit einander bilden, ein kleinerer ist, wie später. Dies ist bereits Virchow (42 S. 65) wohl bekannt und wird durch die Abbildungen der vorliegenden Abhandlung bestätigt. Besieht man dieselben allerdings nur oberflächlich, ohne die Pausen der einzelnen Figuren auf einander zu legen, dann hat es den Anschein, als sei der Clivus der jüngsten Föten (Figg. 8 und 7) ganz besonders flach gelagert. Dies kommt aber nur daher, weil der Kopf stark gesenkt ist, wodurch die Richtung der Basis gegen die Wirbelsäule eine andere wird, als man sie gewöhnt ist.

Die Gründe für die Senkung des Kopfes aber sind sehr naheliegende und sind keineswegs unbekannt. Die Kürze des Halses ist es, welche den Kopf zwingt nach vorne über zu fallen. Vergewahrtigt man sich nur, dass die Halswirbelsäule bei jüngeren Föten nicht unbeträchtlich länger ist, als später, dass auch der Clivus länger ist, und dass beim jüngsten Fötus das Zungenbein in der Höhe des Hinterhauptloches steht, während dasselbe beim kräftigen Neugeborenen bis an den unteren Rand des Epistropheus herunter gerückt erscheint, dann müsste der Hals des jungen Fötus *ceteris paribus* einen Raum einnehmen, der mindestens um die ganze Höhe des Epistropheus d. h. um drei Halswirbelhöhen (vergl. oben S. 7) länger wäre, wie später. Vergleicht man aber die Zeichnungen des jüngsten Fötus und des ausgetragenen Kindes, dann sieht man, dass auf den Zeichnungen der Raum vom oberen Brustbeinrand bis zum unteren Zungenbeinrand in ersterem Fall 10 Mm., in letzterem 16 Mm. beträgt. Ich weiss wohl, dass es bei der Vergleichung der Länge des Halses sehr auf die Haltung des Kopfes ankommt, indem selbst beim Erwachsenen noch die Senkung desselben den Hals verkürzt und zwar besonders in dem Raum zwischen Zungenbein und Cartilago thyreoidea, allein solch bedeutende Schwankungen, wie die eben erwähnten, können dadurch um so weniger erklärt werden, als auch bei Fig. 5, wo der Kopf nicht unbeträchtlich gesenkt ist, die Länge des Halses dem jüngsten Fötus (Fig. 8) gegenüber sogleich in die Augen fällt. Betrachtet man die Luftwege, welche allein geeignet sind, Veränderungen in der relativen Ausbildung der Halsweichtheile kenntlich zu machen, dann fällt es auf, dass vom Ventriculus laryngis bis zur Bronchialtheilung die Länge in allen Figuren so ziemlich die gleiche bleibt. In Fig. 8 ist diese Strecke

zwar auffallend kurz, aber an den mir vorliegenden Medianschnitten zweier jüngerer Föten, von welchen der eine eine Scheitelsteisslänge von 39, der andere von 23,6 Mm hat, ist sie relativ eben so lang, wie beim ausgetragenen Kind, so dass jenes Verhalten nur von individueller Bedeutung ist. Da nun aber die Trachea an ihrem unteren Ende in der Brust durch die beiden Lungen festgehalten wird, so kann bei jungen Embryonen die Luftröhre mit dem Kehlkopf nicht so weit nach oben reichen, wie bei älteren da, wie bekannt, die Halswirbelsäule bei jüngeren Früchten länger ist, wie bei älteren und es steht denn auch bei jenen die Glottis in der Höhe des dritten Halswirbels, bei diesen in der Höhe der unteren Hälfte des zweiten; sie rückt also um einen Wirbel aufwärts. Besser sagt man freilich nach vorstehendem, sie behält ihren Platz und der Epistropheus rückt um eine Wirbelhöhe herunter.

Da sich nun bei jungen Embryonen der Kopf stark vorwärts neigt, so ist wegen der Länge der hinteren Hälfte der Schädelbasis die Entfernung von der Vorderseite des obersten Endes der Wirbelsäule zur Vorderfläche des Gesichtes in der Mundgegend nicht unbeträchtlich grösser, als später, d. h. das Gesicht besitzt eine grössere Tiefe. Dieselbe wird jedoch nicht in der Art ausgeglichen, dass nun alle Theile des Gesichtes in sagittaler Richtung breiter werden, sondern es bleibt dasselbe bis zum Gaumen der Epiglottis und der Tubenmündung in allen Altern gleich, nur die Pharynxhöhle ist anfangs sehr geräumig, während sie sich später mehr und mehr abflacht.

Was nun noch die inneren Verschiebungen im Bereich des Kopfes anlangt, so sind die im Gehirn zu beobachtenden weitaus die bedeutsamsten; doch beabsichtige ich nicht, auf diese Dinge im Detail einzugehen. Mein Material war gerade nach dieser Richtung nicht völlig tadelfrei, indem die starke Härtung in Müllerscher Lösung, welche für den übrigen Körper so vortreffliche Resultate ergab, das Gehirn brüchig machte, so dass bei dem Fötus der Fig. 5 grosse Stücke desselben unmittelbar nach der Schnittführung herausfielen. Ich hätte daher noch andere Föten zur Untersuchung hinzunehmen müssen, was nicht in meinem Plan lag. Ferner liegen die Anfänge der ausschlaggebenden Umwandlungen nicht unbeträchtlich vor dem Entwicklungsstadium, bei welchem meine Untersuchung einsetzt und endlich sind über den Gegenstand bereits so vortreffliche Abhandlungen und Abbildungen publicirt — ich erinnere nur an Köllikers Entwicklungsgeschichte, an Mihalcovics, Marchand, His u. a.—, dass es sich doch meist nur um Wiederholungen oder Bestätigungen handeln könnte. Trotzdem aber möchte ich mir nicht versagen im speciellen kurz darauf aufmerksam zu machen, dass es leicht ist zu beweisen, dass das Tuber cinereum während der ganzen betrachteten Entwicklungszeit seinen Platz unverändert bewahrt. Wäre dies nicht der Fall, dann würde das Infundibulum Länge und Richtung ändern müssen, was nicht geschieht. Auch die Brücke ändert sich in der Lage und der relativen Grösse überraschend wenig, wenn auch die tiefe Spalte zwischen Brücke und Zwischenhirn bei jüngeren Embryonen steiler aufgerichtet ist, als bei älteren. Dieses geringe relative Wachsthum der Brücke muss natürlich

in Verbindung mit dem starken Wachsthum des Kleinhirns auf die Theile des Mittelhirns einen bestimmenden Einfluss ausüben, in der Art, dass die an der Basis gelegenen Gebilde ihren Platz behaupten, während die an der Decke befindlichen vorwärts geschoben werden. Jede Vergleichung der Lage der Vierhügelplatte in verschiedenen Altern giebt davon den Beweis. Da aber dieser Gehirntheil dabei ganz unverhältnissmässig in seiner Grösse zurückgeht, so ist der Einfluss dieser inneren Verschiebung auf die davor gelegenen Hirnthteile doch nur ein geringer.

Auch das Gesicht bleibt im Inneren nicht unverändert, selbst wenn sich die äusseren Conturen nahezu vollständig decken. Im Anfang ist der Oberkiefer dessen weitaus grösster Theil; die Zunge ist sehr flach, die Epiglottis steht un-
gemein hoch. Im Verlauf der Fortbildung bleibt der Oberkiefer immer mehr zurück, der fast gerade gestreckte und plump erscheinende Durchschnitt des weichen Gaumens wird schlanker, legt sich über den Zungenrücken hinweg, welcher letzterer stark in die Höhe steigt, indem der Unterkiefer und mit ihm auch die Zunge und die übrigen Weichtheile des Untergesichtes einen relativ grösseren Raum einnimmt, wie früher. Zungenbein und Epiglottis bleiben aus den oben für die Trachea ausgeführten Gründen auf ihrem Platze, so dass sie der Zunge gegenüber abwärts zu rücken scheinen.

Schlussübersicht.

Nachdem im Vorstehenden die Beobachtungen im Einzelnen geschildert wurden, erübrigt es in kurzen Worten die wichtigsten Resultate von allgemeinerer Bedeutung übersichtlich zusammenzustellen.

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet ein Entwicklungsstadium, in welchem die ganze Wirbelsäule noch einen gleichartig gekrümmten Stab mit zugespitztem oberen und unteren Ende darstellt, in welchem der relativ grosse Kopf auf die Brust geneigt ist, in welchem das Beckenende gehoben erscheint, in welchem sich Brust und Bauch durch Herz und Leber stark ausgedehnt zeigen. Der Endpunkt der Untersuchung ist das Stadium des lebensfähigen Neugeborenen. Bei ihm sind die für den Erwachsenen typischen Krümmungen der Wirbelsäule bereits deutlich angedeutet, der Kopf hat sich beträchtlich gehoben und ist relativ klein, Brust und Bauch sind schlanker geworden, das Beckenende hat sich gesenkt. Besser als eine Beschreibung lehrt eine Betrachtung der Figuren, wie gross der Unterschied der beiden Grenzstadien ist.

Die Umgestaltung aus der einen Form in die andere ist das Resultat complicirter Wachsthumsvorgänge, bei welchen ein Vorseilen der Entwicklung auf der einen Seite, ein Zurückbleiben auf der anderen eine wichtige Rolle spielt. Auch mechanische Verhältnisse anderer Art wirken bestimmend ein.

Individuelle Verschiedenheiten findet man dabei ebenso ausgeprägt, wie beim Erwachsenen, plumper und graziler Bau des Skeletes, Schlankheit, untersetzter

Körper, Uebergewicht eines Organes über andere, alles dies ist deutlich zu beobachten.

Die Form, von welcher die Untersuchung ausgeht, entsteht dadurch, dass das Centralnervensystem stärker wächst, als der Inhalt des vegetativen Rohres und deshalb gezwungen wird, sich bogenförmig über dieses zu krümmen, wie die Peripherie eines rollenden Rades über dessen Centrum. Schon in dieser frühen Zeit kommt aber am unteren Ende der Wirbelsäule eine hakenförmige scharf ausgesprochene Krümmung des Steissbeines vor, welche sich durch das Zurückbleiben der seitlichen Schwanzmuskulatur im Wachsthum erklären lässt; diese letztere zieht von beiden Seiten an dem nach unten wachsenden dünnen und biegsamen Ende der Wirbelsäule und zwingt es, sich nach vorne zu krümmen.

Das Wachsthum von Wirbelsäule und Rückenmark geht nicht parallel, da die Gestaltung der ersteren vom Inhalt der vegetativen Röhre bestimmt wird, während das letztere seine eigenen Wege geht. Im vierten Fötalmonat erfährt das Rückenmark eine plötzliche starke Verkürzung, während sein Zurückbleiben im Wachsthum im Laufe des übrigen Intrauterinlebens ein ganz allmähliges ist. Der für das Rückenmark in den späteren Monaten zu weite Wirbelkanal wird in seinem hinteren Theil von gallertigem Bindegewebe ausgefüllt, welches durch eine geronnene lymphatische Flüssigkeit mehr und mehr ersetzt wird, und in welchem sich um die Zeit der Geburt grössere Venenlumina zeigen und zwar zuerst in der Gegend der Cervical- und Lumbalanschwellung.

Von den grossen Abtheilungen des Stammes wächst die Brust mit ihren Eingeweiden in allen Theilen am gleichmässigsten, es werden dadurch irgend welche wesentliche Aenderungen ihrer ganzen Configuration hintangehalten. Die ursprüngliche Lage und Krümmung der Wirbelsäule bleibt das ganze Leben hindurch erhalten, und es wächst der neunte Brustwirbel in allen Dimensionen am gleichmässigsten. Auch die nächsthöheren Wirbel bis zum sechsten hin lassen ein sehr regelmässiges Wachsthum erkennen. Das Brustbein (vermutlich auch die Rippen) ist ohne formgestaltenden Einfluss, es schmiegt sich der Unterlage in seiner Form völlig an. Aenderungen der Gestaltung durch einen von irgend einer Seite ausgeübten Druck, wie man sie öfters behauptet findet, sind im Bereich der Brust nicht nachzuweisen. Bemerkenswerth ist es, dass bei sehr vielen Föten die vorderen Enden der siebenten Rippen vor dem Brustbein zusammenstossen.

Was den Bauch anlangt, so wachsen in seinem Bereich die Decken und der Inhalt im Lauf der Embryonalentwicklung stärker, als die Wirbelsäule.

Zuerst wächst der die Leber beherbergende Oberbauch ebenso gleichmässig, wie die Brust, während sich der wesentlich den heranwachsenden Darm beherbergende Unterbauch stark verlängert. Diese Verlängerung greift erst in der zweiten Hälfte der Schwangerschaftsdauer auf den Oberbauch über, wobei durch den Druck des Darmkanales von unten her die Leber verkleinert wird. Dass sich der in der Bauchhöhle vorhandene Wachsthumdruck nicht in gleicher Weise auf die Brusthöhle fortsetzt, ist auf das Vorhandensein des Zwerchfelles zurückzuführen. Dieses letztere

erweist sich aber bedeutungslos für die seitliche Verschiebung der beiden enge verbundenen Organe: Herz und Leber. Dieselben rücken postembryonal gemeinsam nach rechts und zwingen dadurch auch das Zwerchfell, eine asymmetrische Gestalt anzunehmen. Die Wirbelsäule wird durch den im Bauche herrschenden Wachstumsdruck im Lauf des Gesamtwachstums um eine ganze Wirbelhöhe verlängert. Da diese Verlängerung aber nicht gleichen Schritt mit der der vorderen Theile des Bauches hält, so wird die Wirbelsäule zugleich aus ihrer nach vorne gekrümmten Gestalt mehr und mehr gerade gestreckt. Auch auf das Becken übt der vorhandene Wachstumsdruck seine Wirkung aus, er knickt es nach hinten im Winkel ab und giebt so Veranlassung zur Entstehung des Promontoriums. Der Wachstumsdruck wird hervorgebracht 1) durch die unverhältnissmässig grosse Verlängerung des Darmes und 2) durch die Füllung desselben mit Meconium. Vielleicht steht die erstere Erscheinung in ursächlichem Zusammenhang mit der letzteren. Die Füllung des im Becken und unmittelbar darüber gelegenen Rectums mit Meconium ist auch die Ursache zu wichtigen Umformungen in dem Bereich dieses Körpertheiles. Der dadurch gesetzte Druck verlängert die Conjugata und ist auch im Spiel bei der Entstehung der weiblichen Beckenform: Die äusseren männlichen Genitalien sind mit der Mittellinie verwachsen und setzen dadurch einer Verbreiterung der vorderen Beckentheile einen gewissen Widerstand entgegen. Die äusseren weiblichen Genitalien verhalten sich zu jenen etwa wie die Hasenscharte zur normalen Lippe, sie üben keinen Gegendruck aus, sodass der vom Mastdarm ausgeübte Druck ungehindert wirken kann. Alle Versuche, die weibliche Beckenform mit Zuhilfenahme der inneren Genitalien zu erklären, müssen scheitern.

Am Hals erweisen sich die Luftwege in allen Altern relativ gleich lang. Da aber in der späteren Fötalzeit die Länge der Halswirbelsäule mehr und mehr abnimmt, so scheinen sie länger zu werden, da sich die gegenseitige topographische Lage der beiden sich so nahe berührenden Organe ändert.

Die relative Verkürzung der Wirbelsäule steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Zurückbleiben des Rückenmarks im Wachsthum. Dieses ist zwar an Brust, Bauch und Becken verhindert seinen Einfluss auf das umgebende Skelet geltend zu machen, am Halse aber nicht, es gehen daher beide ganz gleichmässig mit einander.

Im Bereich des Kopfes gilt das gleiche für die Theile der Gehirn- und Schädelbasis bis zum Türkensattel hin. Der vordere Theil der Schädelbasis wird aber wieder durch das daran hängende Gesicht festgehalten und ist gezwungen, sich wie dieses in ganz gleichmässiger Weise fortzuentwickeln; das Gehirn muss sich den hierdurch gegebenen Verhältnissen anbequemen.

Der Kopf ist in den jüngeren Stadien nach vorne geneigt, da bei der grossen Länge der Halswirbelsäule und der hinteren Schädelbasis die relative Kürze der vorderen Halstheile den Kopf nach unten zieht.

Die Wachstumsverschiebungen im Inneren des Gehirnes sind zwar beträchtlich, doch compensiren sie sich im ganzen. Aehnlich ist es beim Gesicht; während

sich dasselbe im ganzen wesentlich gleichmässig fortbildet, findet man im Einzelnen, dass im Laufe der Entwicklung das Obergesicht etwas zurückbleibt, das Untergesicht eine etwas grössere Ausdehnung annimmt.

Uebersicht der citirten Litteratur.

1. Aeby, Ch. Die Altersverschiedenheiten der menschlichen Wirbelsäule. Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abth. Jahrg. 1879. S. 77.
2. Arnovljević, S. Das Alter, die Grössen und Gewichtsbestimmungen der Fötalorgane beim menschl. Fötus. Diss. München 1884.
3. Balandin, J. Beitrag zur Frage über die Entstehung der physiologischen Krümmung der Wirbelsäule beim Menschen. Archiv für patholog. Anatomie. 57. Bd. 1873. S. 481.
4. Barwell, R. The causes and treatment of lateral curvature of the spine. 1868.
5. Bouland, P. Recherches anatom. sur les courbures du rachis chez l'homme et chez animaux. Journal de l'anat. et phys. 1872.
6. Brandt, E. Das Alter, die Grössen und Gewichtsbestimmungen der Fötalorgane beim menschl. Fötus. Diss. München 1886.
7. Charpy, A. De la courbure lombaire et de l'inclinaison du bassin. Journal de l'anat. et de la physiol. norm et path. 21. Année. 1885. S. 309.
8. Cleland. Proceedings Biolog. Section of the British Association 1863. S. 112. citirt bei Cunningham ().
9. Cunningham, D. J. The Lumbar Curve in man and the apes. „Cunningham Memoirs“. No. II Royal Irish Academy. Dublin 1886.
10. Cunningham, J. The Proportion of bone and cartilage in the lumbar section of the vertebral column of the Ape and several races of man. The Journ. of Anatomy and Phys. Bd. 24. 1890.
11. Disse, J. Untersuchungen über die Lage der menschlichen Harnblase und ihre Veränderungen im Laufe des Wachstums. Merkel-Bonnet, Anatom. Hefte. I 1891. S. 1.
12. Fehling, H. Die Form des Beckens beim Fötus und Neugeborenen und ihre Beziehung zu der beim Erwachsenen. Archiv für Gynaecologie. Bd. X. 1876. S. 1.
- 12a. Flourens. Mémoires d'anatomie et de physiologie comparées. Paris 1894. I.
13. Freund, M. B. Die Lageentwicklung der Beckenorgane, insbesondere des weibl. Genitalkanals, und ihre Abwege. Breslau 1863.
14. Henle, J. Handbuch der Gefässlehre des M. 2. Aufl. 1876.
15. Hertwig, O. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere. 4. Aufl. Jena 1893.
16. His, W. Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Leipzig 1874.

17. His, W. Anatomie menschlicher Embryonen. Leipzig 1880—1885.
18. Horner, F. Ueber die normale Krümmung der Wirbelsäule. Müllers Archiv für Anat. und Phys. 1854.
19. Hüter, C. Die Formentwicklung am Skelet des menschlichen Thorax. Leipzig 1865.
20. Huschke, E. Sömmerrings Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen d. m. K. Leipzig 1844.
21. Kölliker, A. Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 2. Auflage. Leipzig 1879.
22. Langer, K. Wachsthum des menschlichen Skeletes mit Bezug auf den Riesen. XXXI. Bd. der Denkschriften der math.-naturw. Classe der kaiserl. Akademie in Wien. 1871.
23. Lomer. Ueber Gewichtsbestimmungen der einzelnen Organe Neugeborener. Zeitschrift für Geburtshilfe und Gynäkologie. XVI. Bd. 1889. S. 106.
24. Luschka, H. Die Halbgelenke des menschlichen Körpers. Berlin 1858.
25. Meckel, J. F. Handbuch der menschlichen Anatomie. 3. Band. 1817.
26. Merkel, Fr. Beitrag zur Kenntniss der postembryonalen Entwicklung des menschlichen Schädels; in Beiträge zur Anat. u. Embryologie. Festgabe Jacob Henle zum 4. April 1882 dargebracht. S. 164.
27. Mettenheimer, H. Ein Beitrag zur topographischen Anatomie der Brust-Bauch- und Beckenhöhle des neugeborenen Kindes. Morpholog. Arbeiten, herausg. von G. Schwalbe. III. Bd. 2. Heft. 1893. S. 301.
28. Meyer, H. Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüsts. Leipzig 1873.
29. Moser, E. Ueber das Wachsthum der menschlichen Wirbelsäule. Diss. Strassburg 1889.
30. Nagel, W. Ueber die Lage des Uterus im menschlichen Embryo. Archiv für Gynäkologie. Bd. 41. 1891. S. 244.
31. Parow, W. Studien über die physikalischen Bedingungen der aufrechten Stellung und der normalen Krümmungen der Wirbelsäule. Arch. f. patholog. Anat. u. Phys. Bd. 31. 1864. S. 74 und 223.
32. Ravenel, M. Die Maasverhältnisse der Wirbelsäule und des Rückenmarks beim Menschen. Zeitschr. f. Anat. und Entwicklungsgeschichte. 1877.
33. Rosenberg, E. Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule und des Centrale carpi des Menschen. Morpholog. Jahrbuch. Bd. I. 1876.
34. Ruge, G. Untersuchungen über Entwicklungsvorgänge am Brustbein und an der Sternoclavicularverbindung des Menschen. Morpholog. Jahrbuch. Bd. VI. 1880. S. 362.
35. Steinach, E. Die Zahl der Caudalwirbel beim Menschen. Inaug. Diss. Berlin 1889. 4°.
36. Symington, J. The topographical Anatomy of the child. Edinburgh 1887.
37. Takahasi, S. Beiträge zur Kenntniss der Lage der fötalen und kindlichen Harnblase. Archiv für Anatomie und Physiologie. Anat-Abth. 1888. S. 35.

38. Toldt, C. Bau und Wachstumsveränderungen der Gekröse des menschlichen Darmkanals. Denkschriften der math.-natw. Classe der Wiener Akademie. XLI. Bd. 1879.
9. Tolt, C. und E. Zuckerkandl. Ueber die Form- und Texturveränderungen der menschlichen Leber während des Wachstums. LXXII. Bd. der Sitzbr. der Wiener Akademie. III. Abth. Nov. 1875.
40. Tournoux et Herrmann. Sur la persistance de vertiges médullaires coccygiens pendant toute la période foetale chez l'homme etc. Journal de l'anatomie et de la physiol. 37. Année 1887. S. 498.
41. Veit, J. Die Entstehung der Form des Beckens. Zeitschrift für Geburtshilfe und Gynäkologie. IX. Bd. 1883. S. 347.
42. Virchow, R. Untersuchungen über die Entwicklung des Schädelgrundes im gesunden und krankhaften Zustand und über den Einfluss derselben auf Schädelform, Gesichtsbildung und Gehirnbau. Berlin 1857.

Tafelerklärung.

Alle Figuren sind zur Ermöglichung eines bequemen und sicheren Vergleiches auf die gleiche Grösse reducirt, wobei die Länge der Brustwirbelsäule als Norm angenommen ist. Es ist stets die linke Schnittfläche dargestellt; in den Fällen, in welchen die rechte Schnittfläche des Präparates vorlag, wurden die Abbildungen umgekehrt. Die Längen der Föten wurden so gemessen, dass das Bandmaass dem Durchschnitt der Wirbelsäule entlang angelegt wurde.

Fig. 1. Copie der Tafel 1. A u. B. von: Braune, Topographisch-anatomischer Atlas. Gefrierdurchschnitt eines erwachsenen Mannes. Zum Vergleich mit den fötalen Präparaten beigelegt.

Fig. 2. Ausgetragener und lebensfähiger Knabe. Scheitelsteisslänge: 365 Mm. Das Herz war nicht ganz hart und sank nach Führung des Schnittes etwas zurück. Die Harnröhre ist nicht ganz in den Schnitt gefallen.

Fig. 3. Fötus vom Anfang des siebenten Monats. Scheitelsteisslänge: 310 Mm. Hervorzuheben ist, dass in dieser Figur die ganze venöse Gefässverbindung vom Nabel bis zum rechten Vorhof in den Schnitt gefallen ist. Ein kleiner Abschnitt der rechten Lunge liegt vor den unteren Brustwirbeln. Der parenchymatöse Durchschnitt vor den unteren Bauchwirbeln und über dem ausgedehnten Mastdarm ist Niere. Ob man es mit einer Hufeisenniere oder einer Dislocation zu thun, hat, liess sich ohne Zerstörung des Präparates nicht eruiren. Das den Mastdarm füllende Meconium wurde vorsichtig entfernt, um die Darmwand selbst besichtigen zu können.

Fig. 4. Fötus vom Anfang des fünften Monats ca 22—23. Woche. Scheitelsteisslänge: 170 Mm. Lungenabschnitt wie in Fig. 3. Bemerkenswerth ist ein in den Schnitt gefallener Mittellappen der Gl. thyreoidea, welcher das Zungen-

bein fast erreicht. In den untersten Wirbeln ist ein Stückchen der Chorda dorsalis sichtbar.

Fig. 4*. Conturen des Fötus in natürlicher Grösse.

Fig. 5. Fötus aus der zweiten Hälfte des vierten Monats ca 18—19. Woche. Scheitelsteisslänge 140 Mm. Die Mitteltheile des Gehirns waren brüchig und sind nach Führung des Schnittes herausgefallen. Mittellappen der Gl. thyreoidea wie in Fig. 4; ebenso Abschnitt der rechten Lunge. Blase stark contrahirt. Die Harnröhre ist nicht ganz in den Schnitt gefallen. Der Mastdarm ist leer.

Fig. 5*. Die Conturen des Embryo in natürlicher Grösse.

Fig. 6. Fötus vom Anfang des vierten Monats, ca 16—17. Woche. Scheitelsteisslänge: 89 Mm. Die Mittellinie ist bei diesem Präparat besonders genau getroffen, da die Chorda dorsalis fast in ganzer Länge sichtbar ist. Der Erhaltungszustand des Präparates in allen Theilen ist ein ganz vorzüglicher.

Fig. 6*. die Conturen des Fötus in natürlicher Grösse.

Fig. 7. Fötus aus dem dritten Monat, ca 14—15. Woche. Scheitelsteisslänge: 73 Mm. Das einzige weibliche Präparat der Reihe; dasselbe wurde deshalb gewählt, weil bei dem männlichen Fötus gleichen Alters, welcher mir zu Gebote stand, bei einem im übrigen guten Erhaltungszustand der Kopf nicht tadelfrei conservirt war. In Fig. 10 ist das Beckenende dieses letzteren Fötus abgebildet. Auch beim weiblichen Fötus liessen leider die brüchig gewordenen Mitteltheile des Gehirnes zu wünschen übrig, während die Vierhügelplatte noch tadellos ist.

Bemerkenswerth ist die sehr langgezogene spindelförmige Harnblase. Die Thymus besteht aus mehreren getrennten Parthieen.

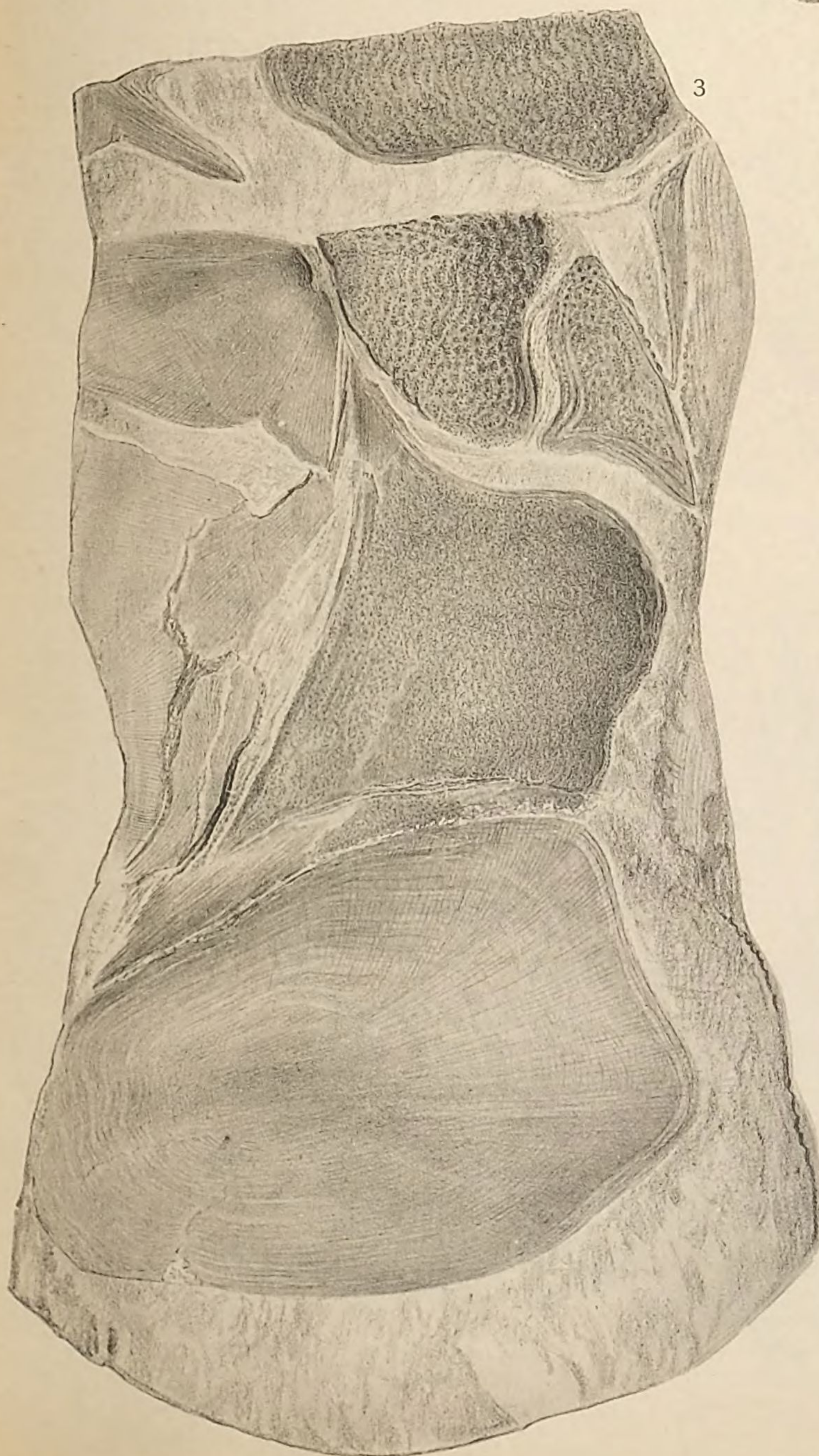
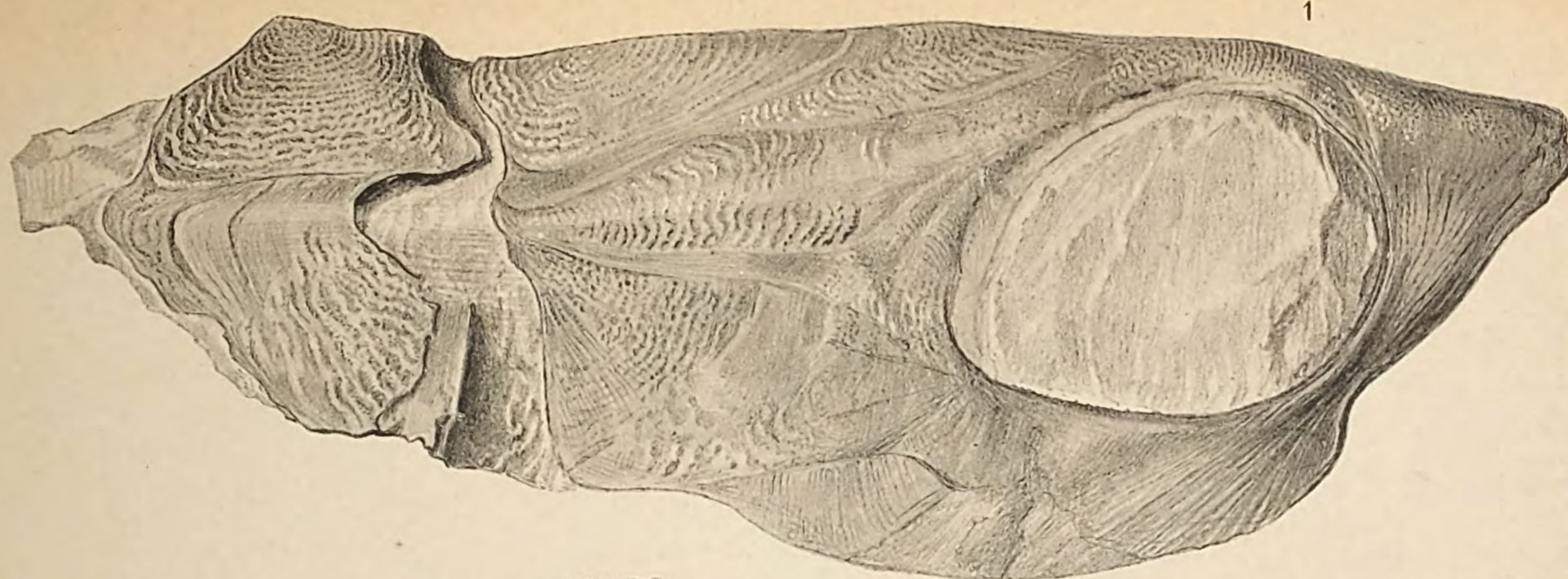
Fig. 7*. Die Conturen des Fötus in natürlicher Grösse.

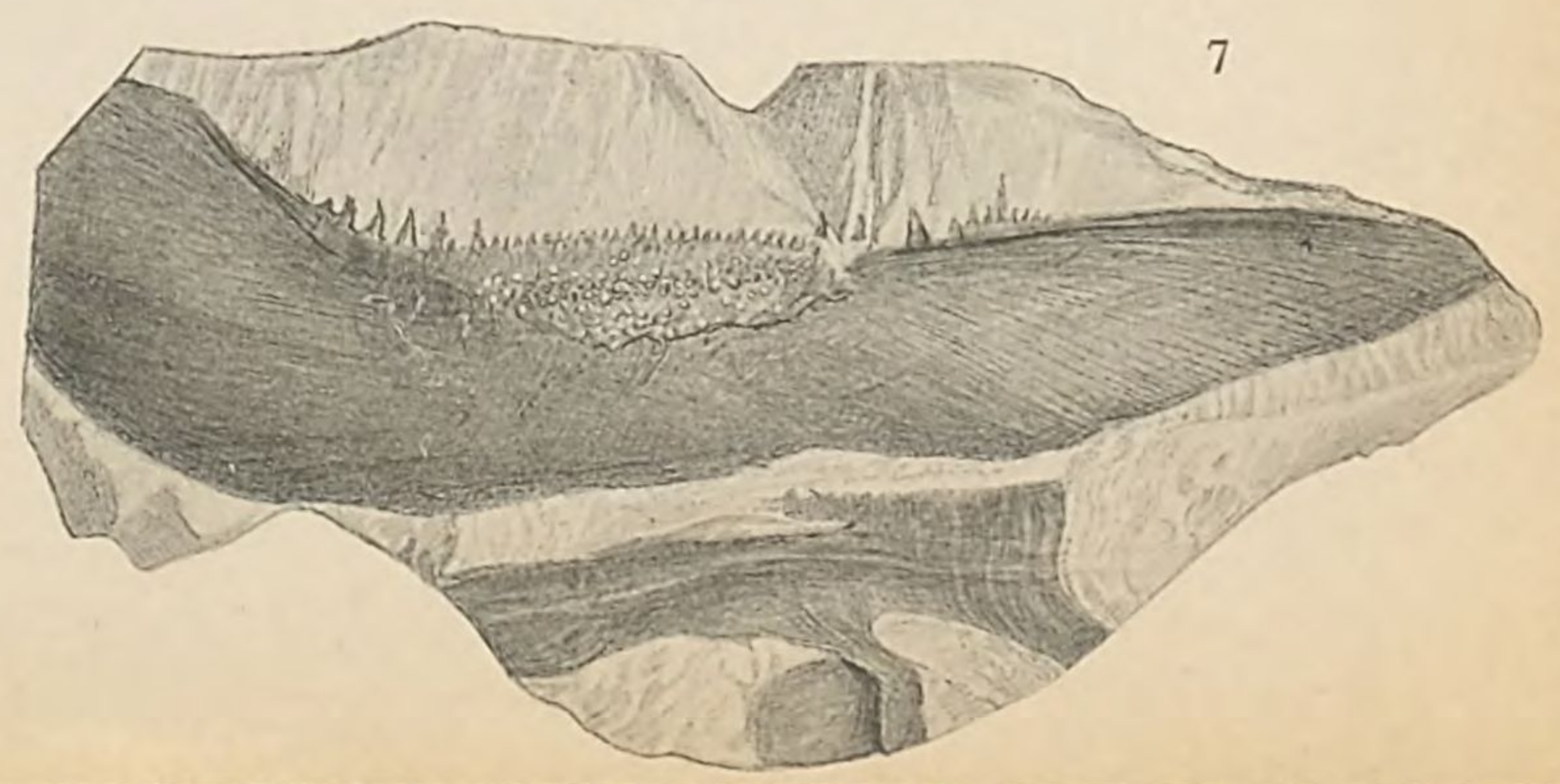
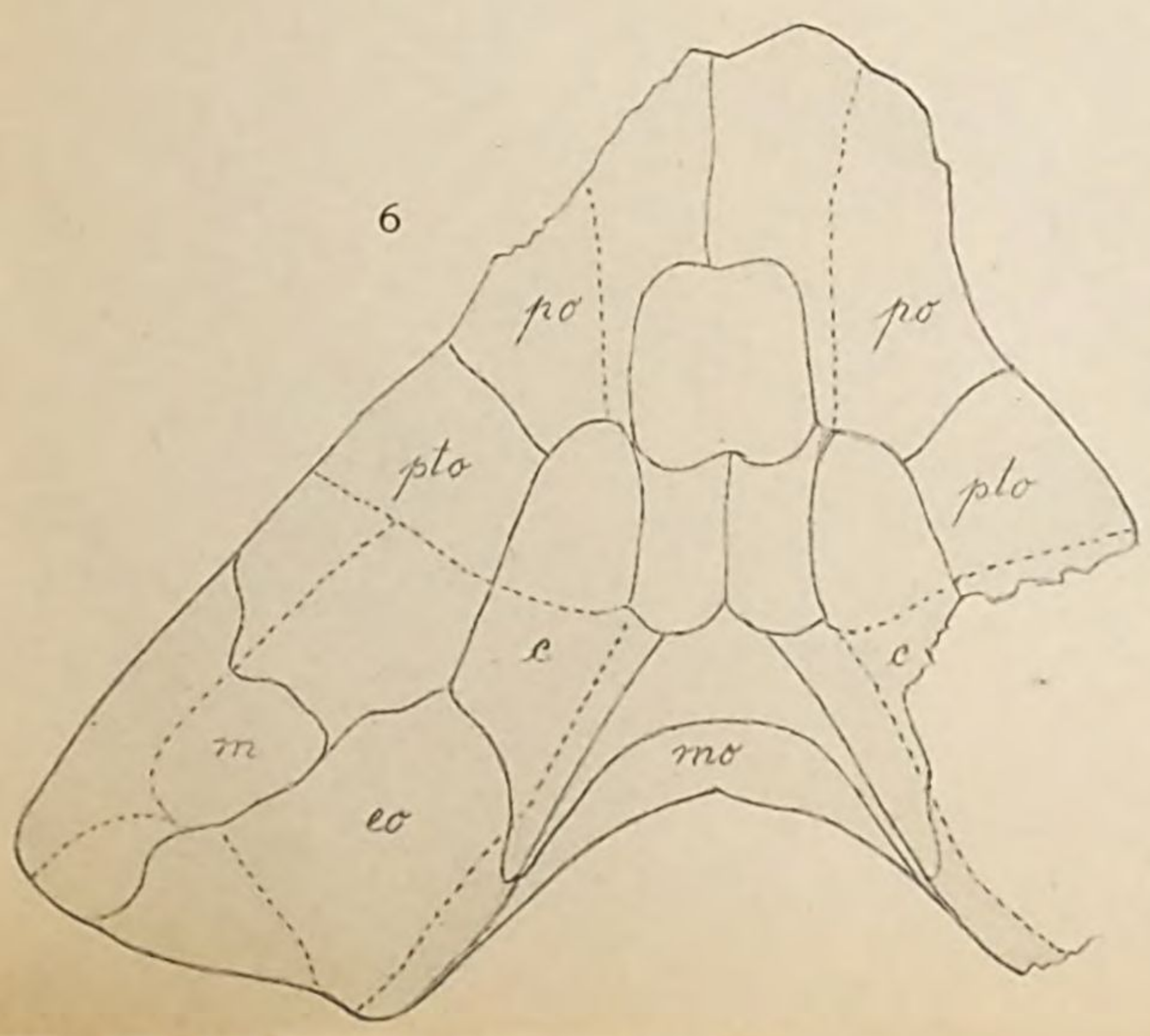
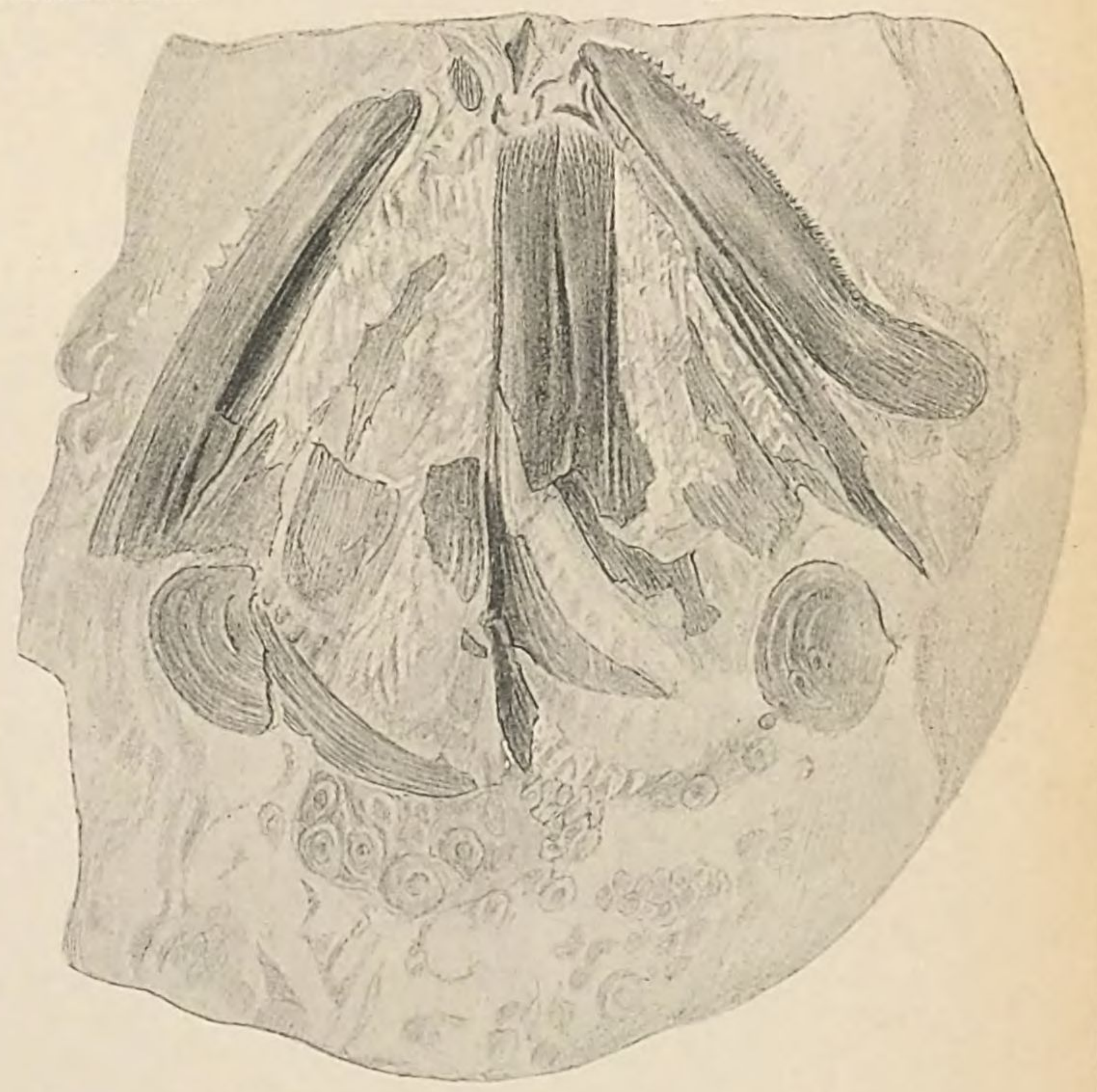
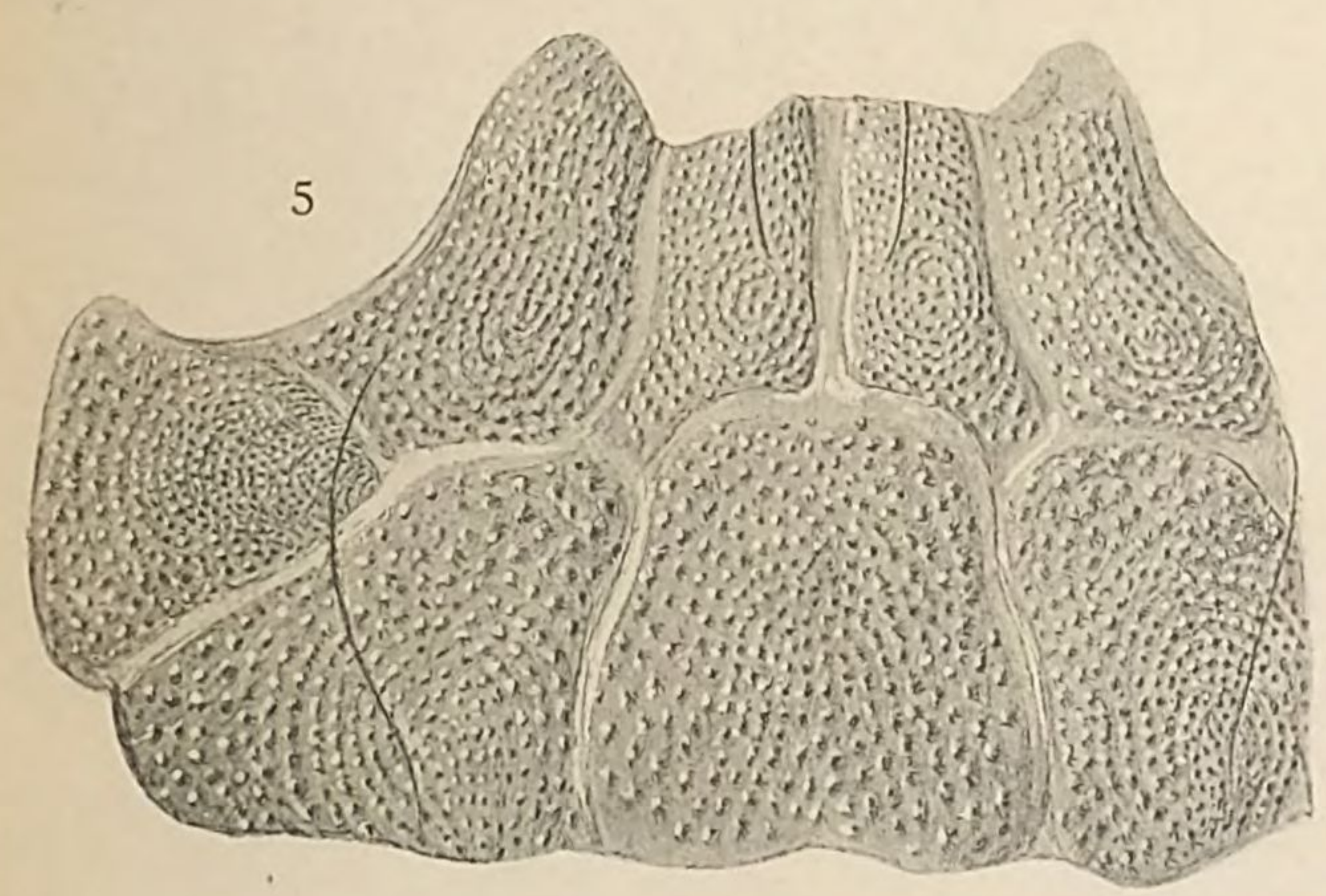
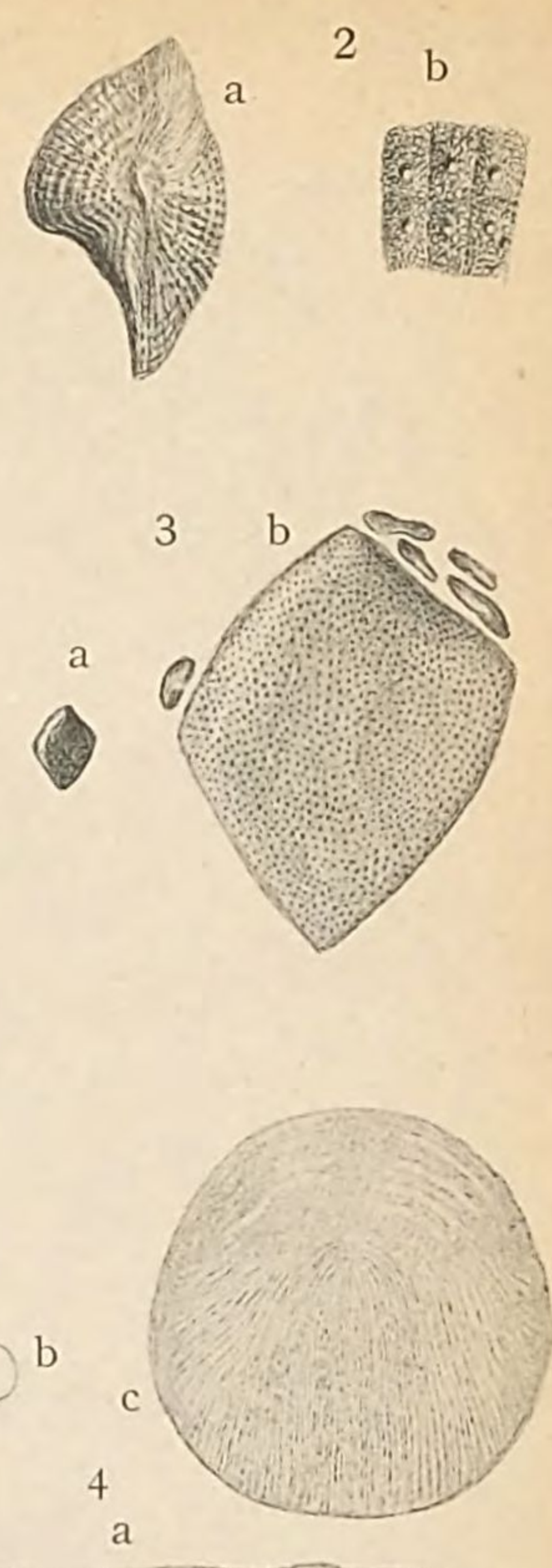
Fig. 8. Fötus vom Anfang des dritten Monats. Scheitelsteisslänge 53 Mm. Der Erhaltungszustand ist von grosser Güte. Da der Schnitt nicht genau durch die Mitte der Wirbelsäule fiel, musste auf der einen Seite noch eine Scheibe abgetragen werden. Dadurch kam es, dass auf der einen Schnittfläche der hintere, auf der anderen der vordere Theil mehr der Mittellinie entsprach; es wurden deshalb einige Details, besonders die Form des Brustbeins, der anderen, im Uebrigen nicht benutzten Schnittfläche entnommen. Bemerkenswerth ist die runde Gestalt der Harnblase. Die Gl. thyreoidea war auch mit der Lupe nicht deutlich zu erkennen.

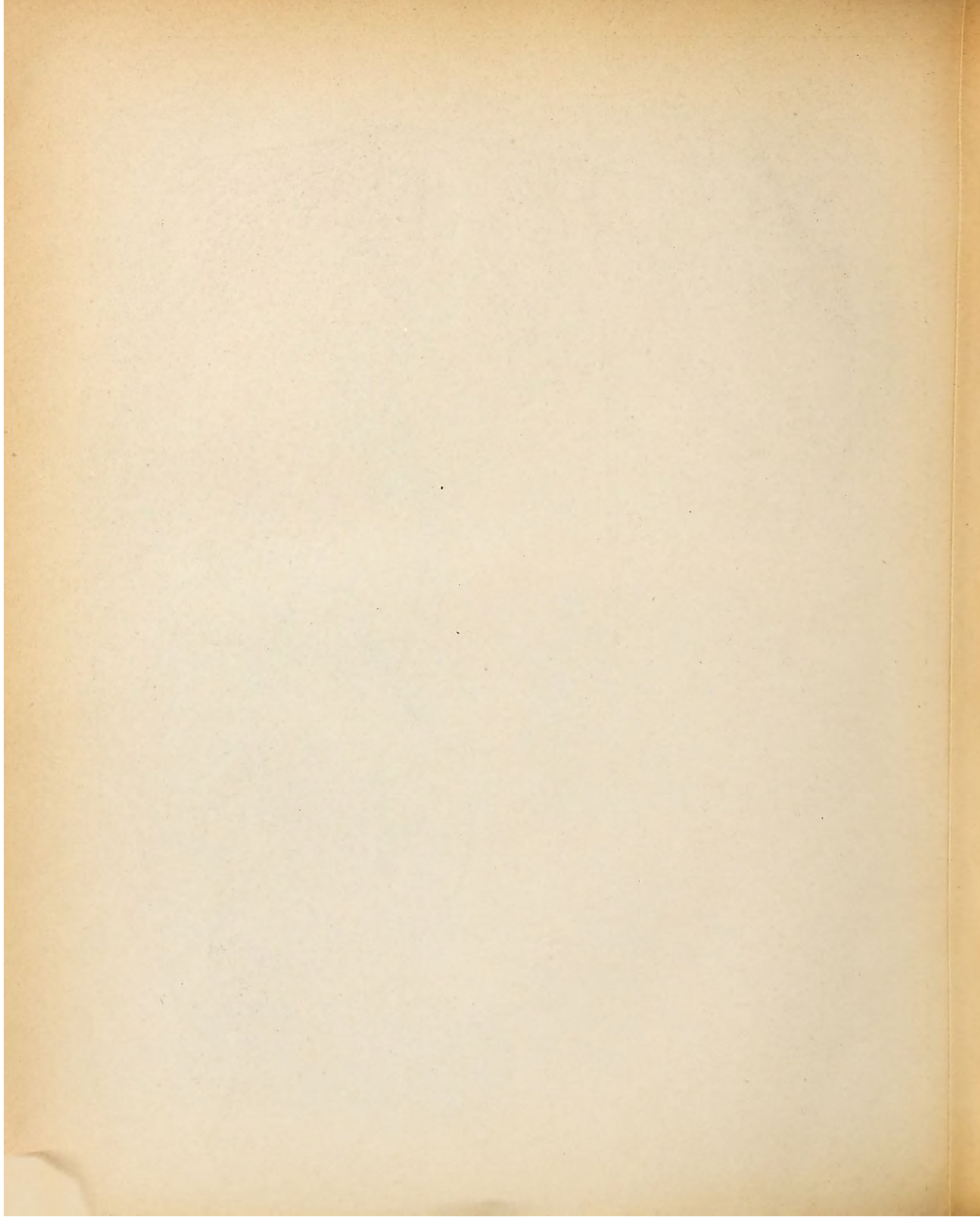
Fig. 8*. Die Conturen des Fötus in natürlicher Grösse.

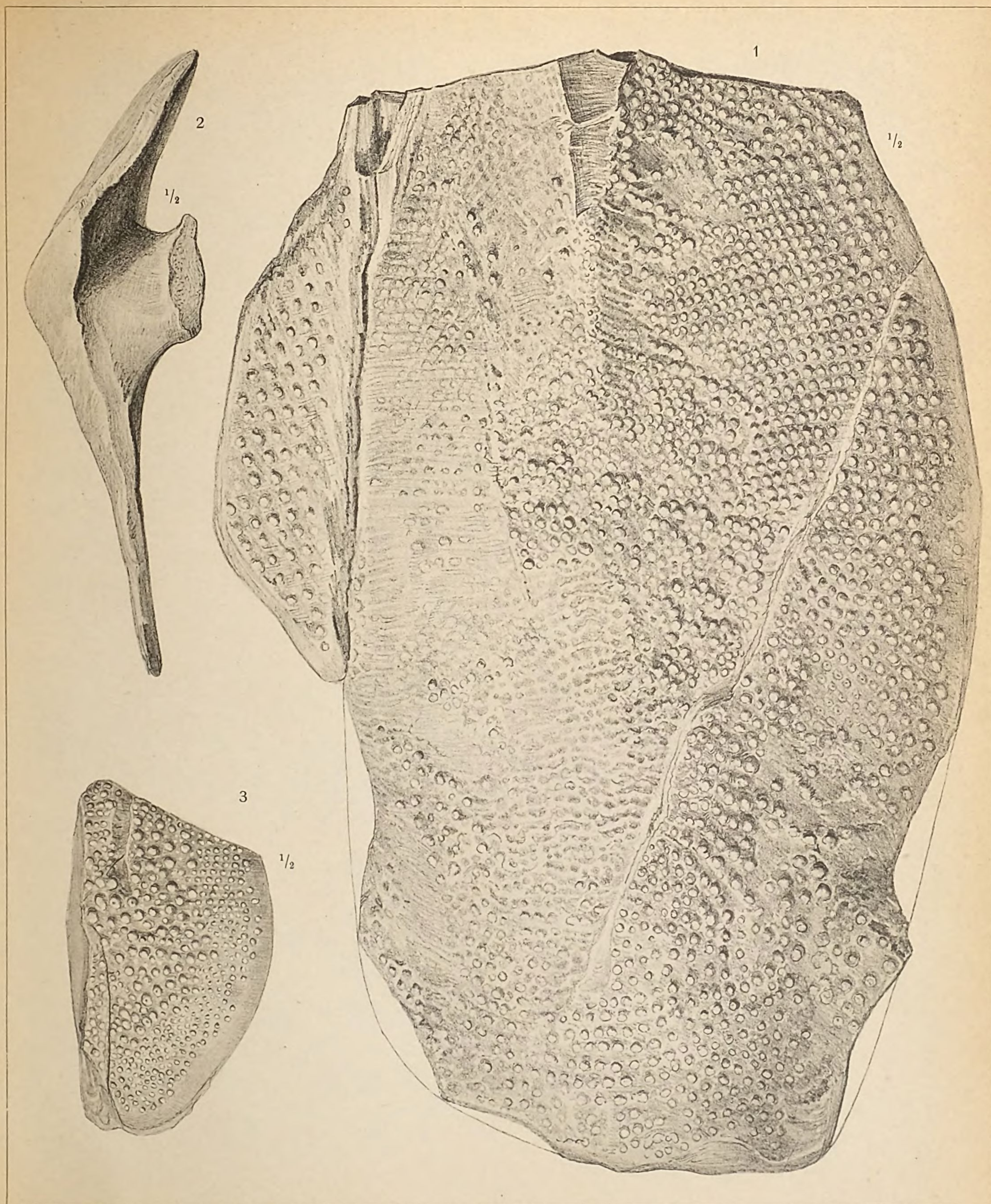
Fig. 9. Beckenende eines weiblichen Fötus aus der Mitte der Schwangerschaft. Grösse im Ganzen ungefähr gleich dem Präparat der Fig. 4.

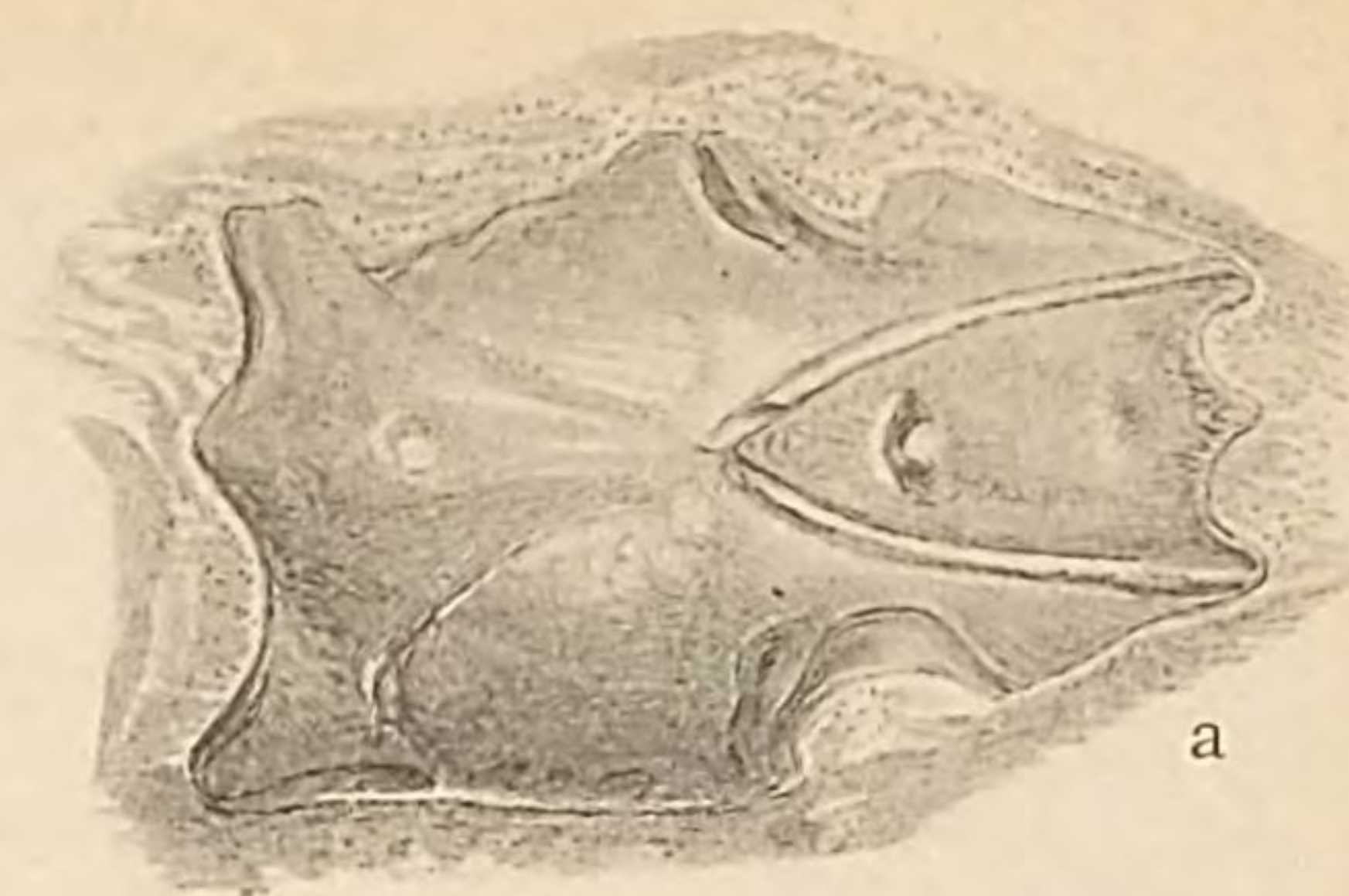
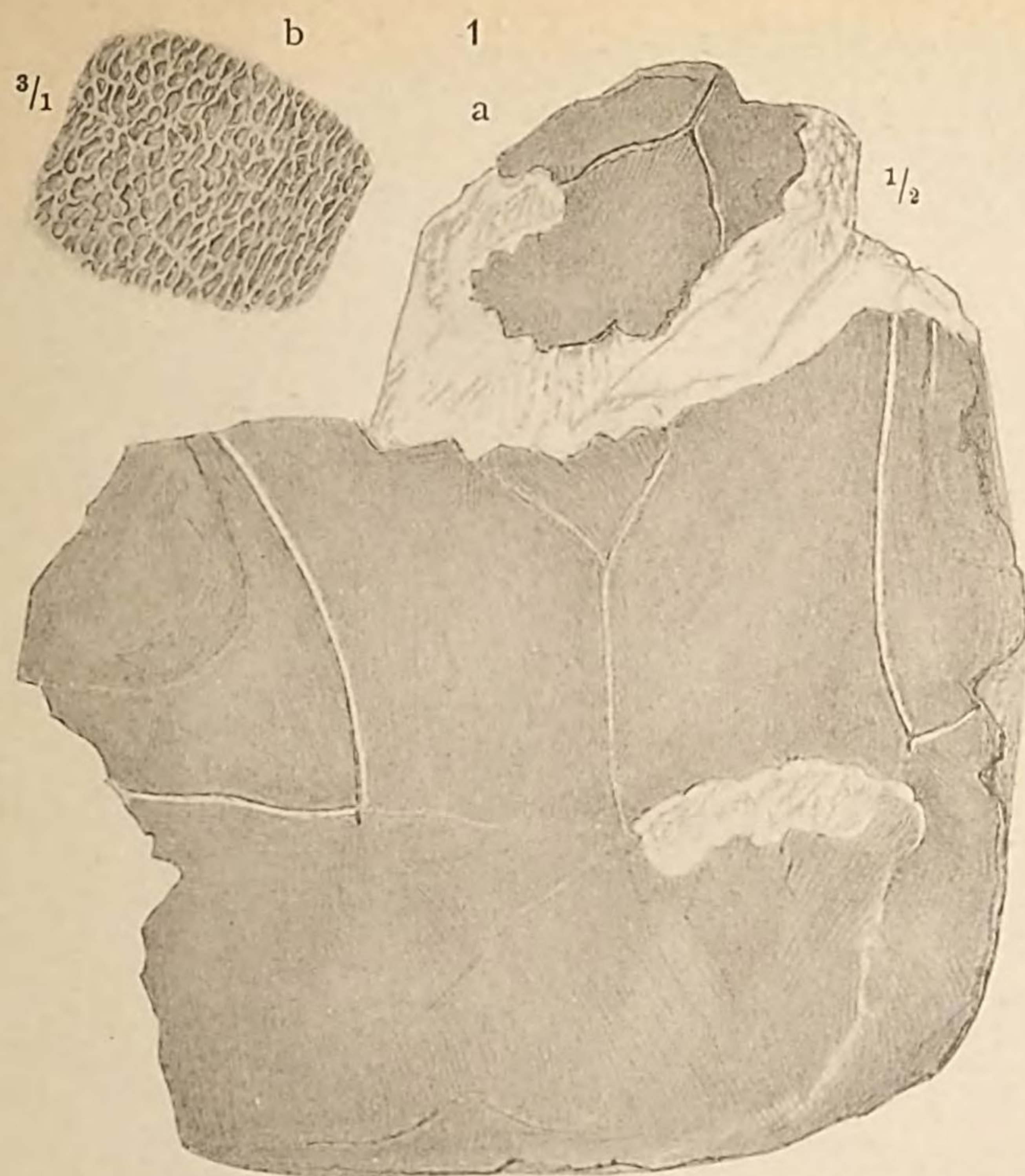
Fig. 10. Beckenende eines männlichen Fötus, welcher 2—3 Mm kleiner ist, wie das Original der Fig. 7. Hakenförmig gekrümmtes Steissbein.



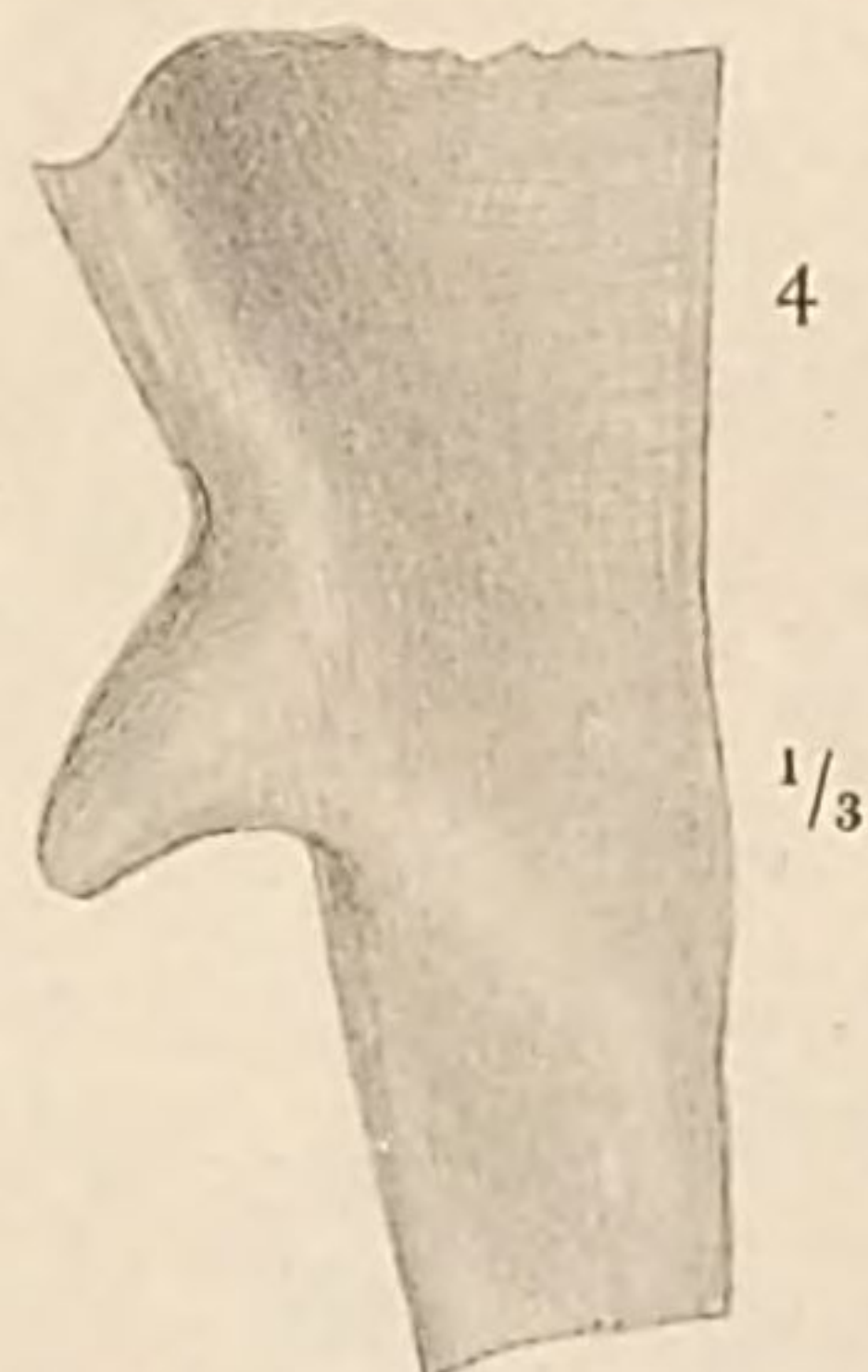






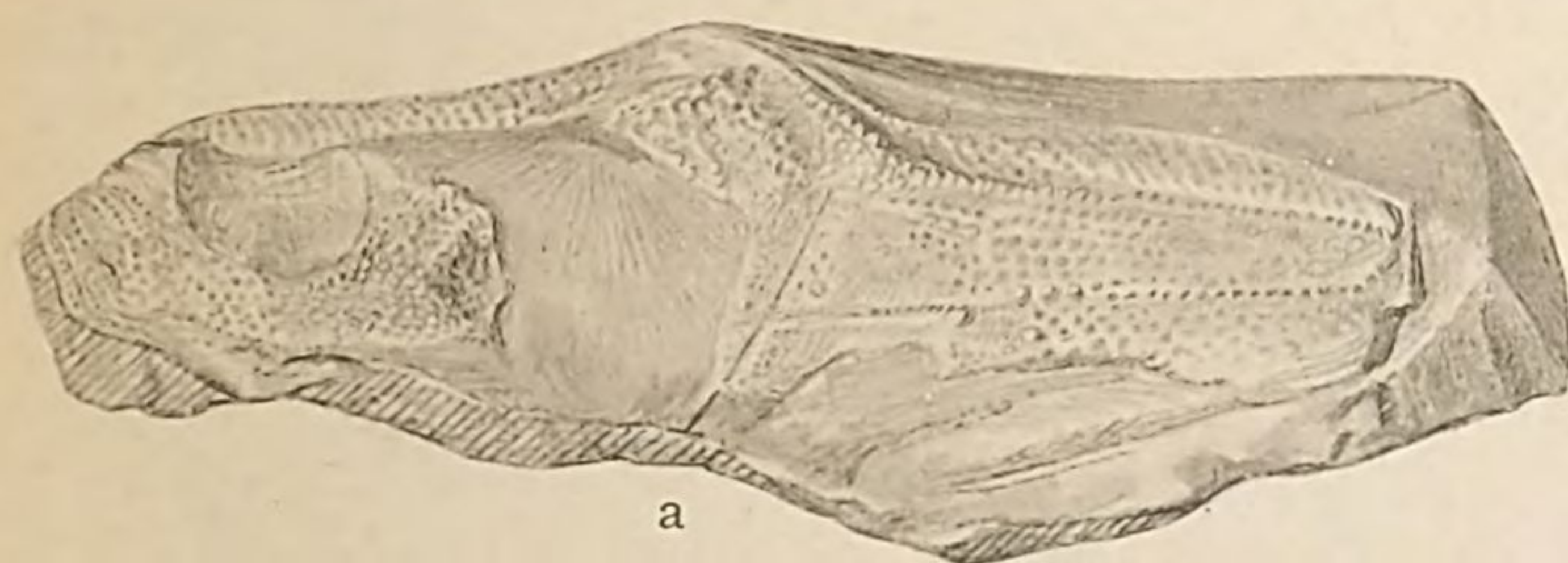


2



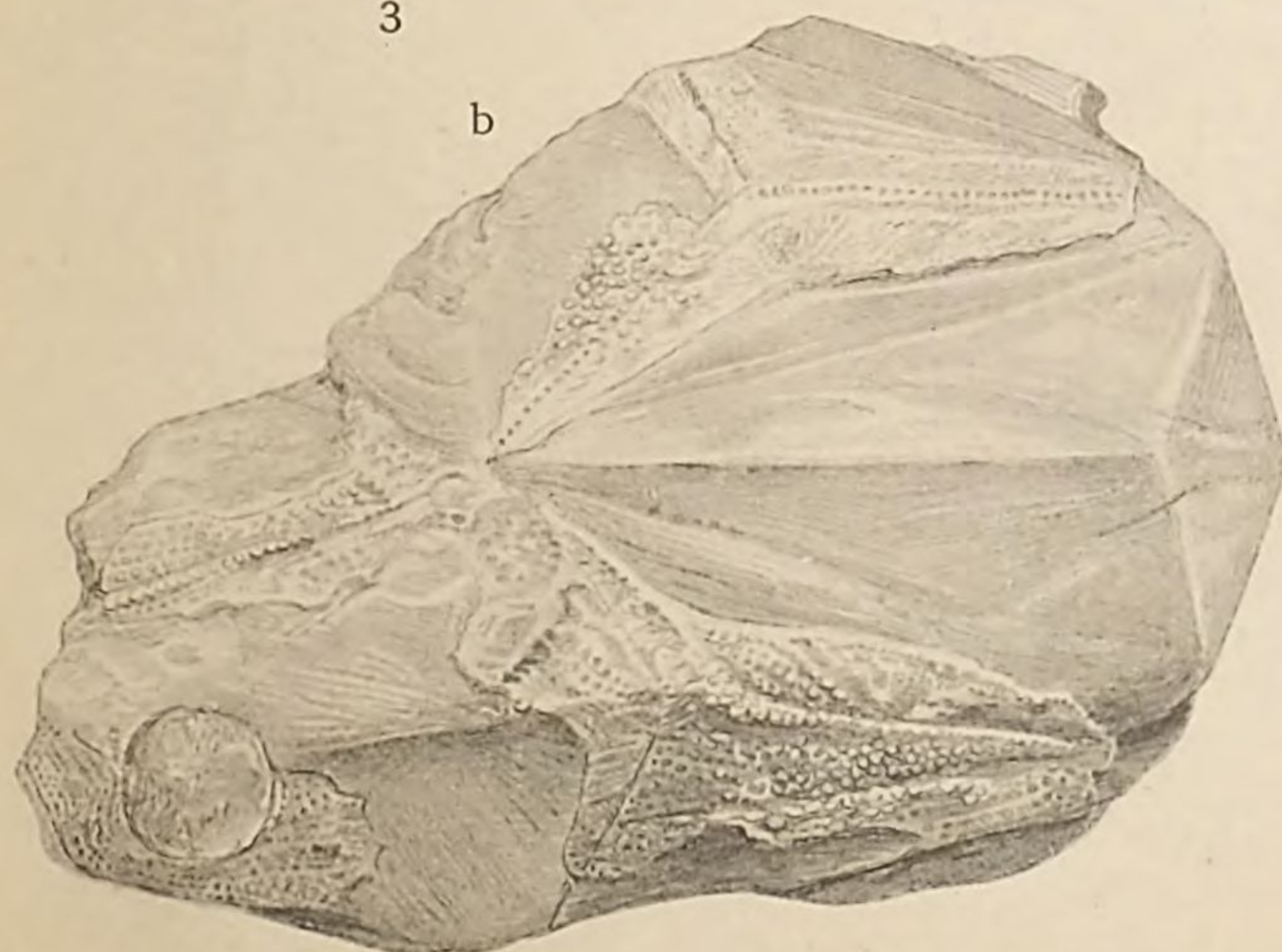
5

a

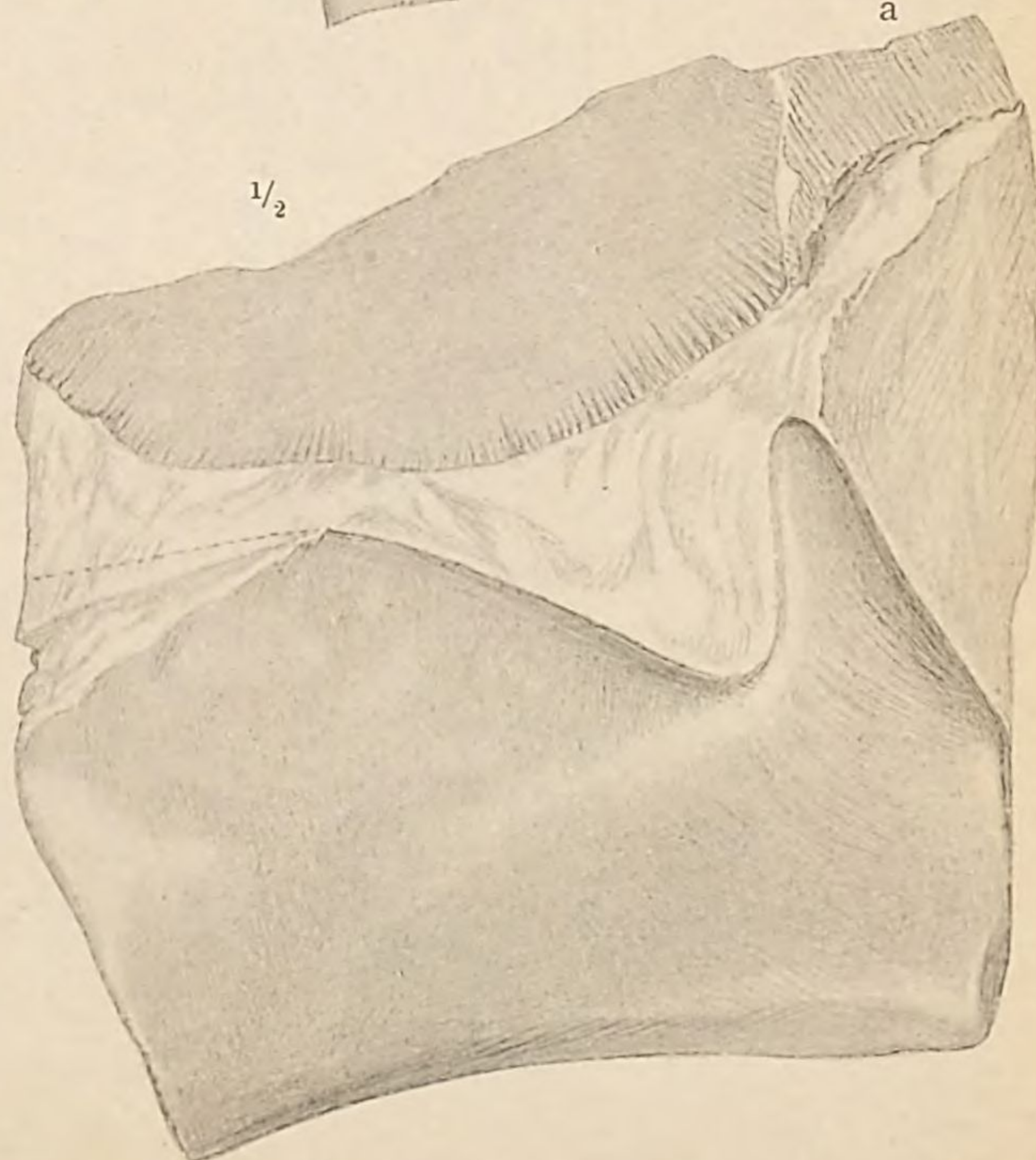


a

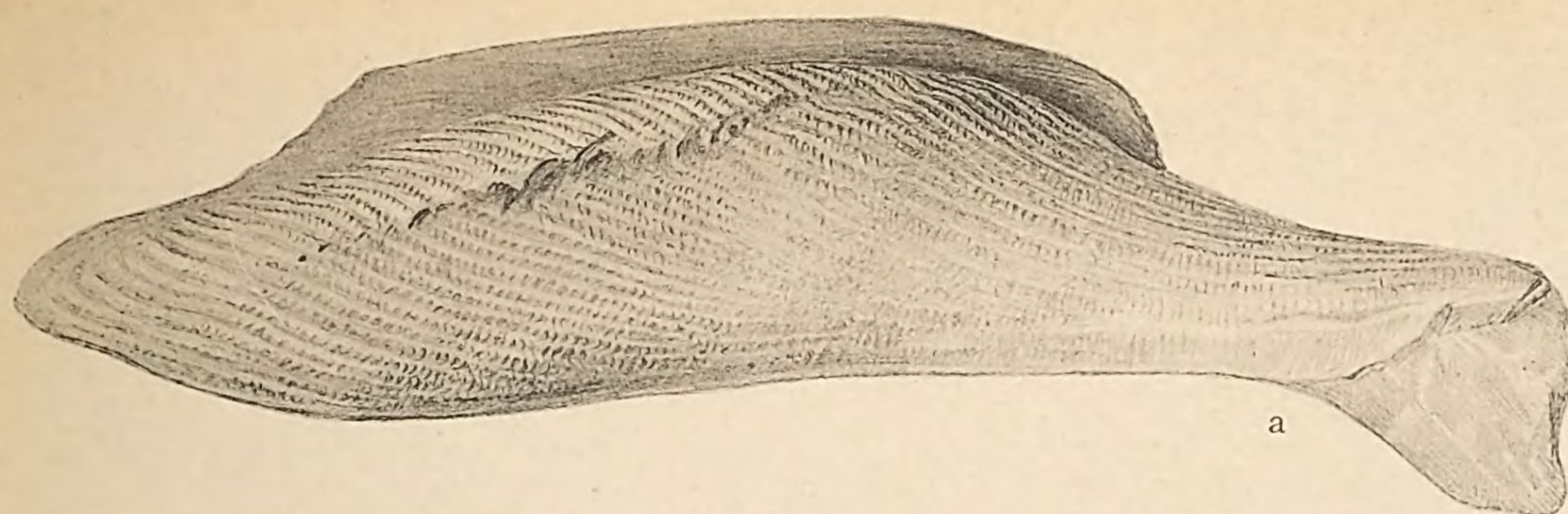
3



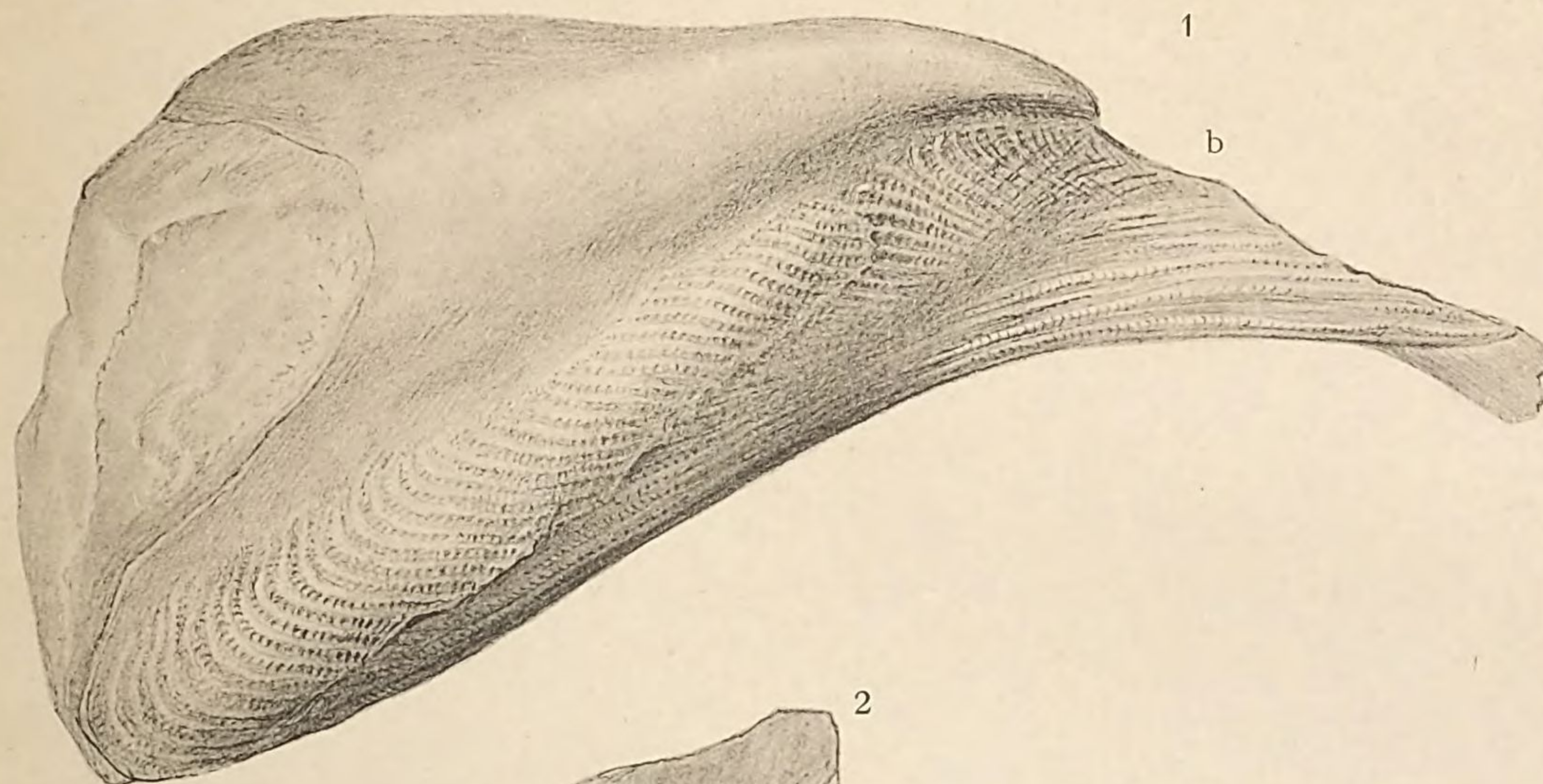
b



1/2

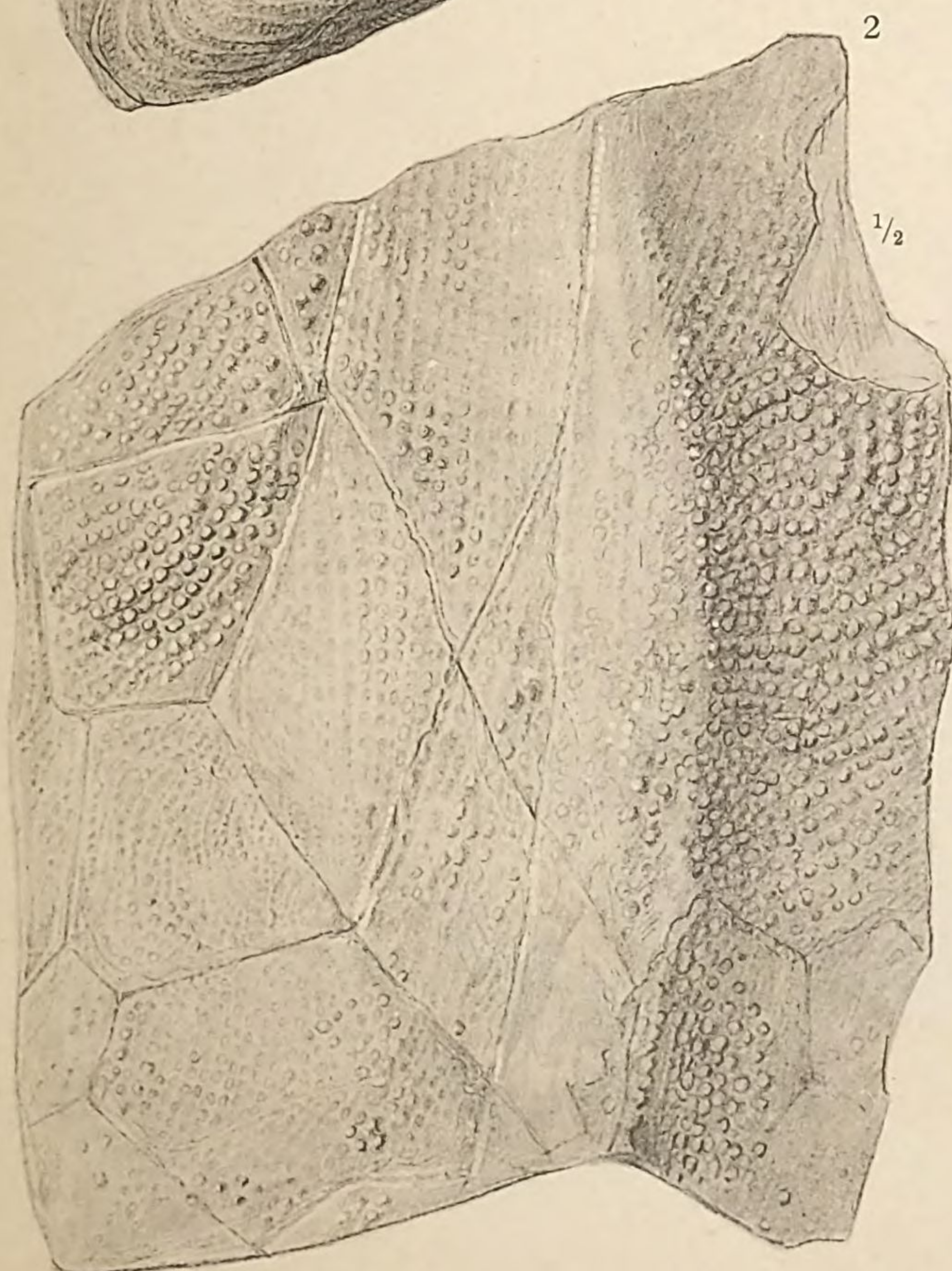


a



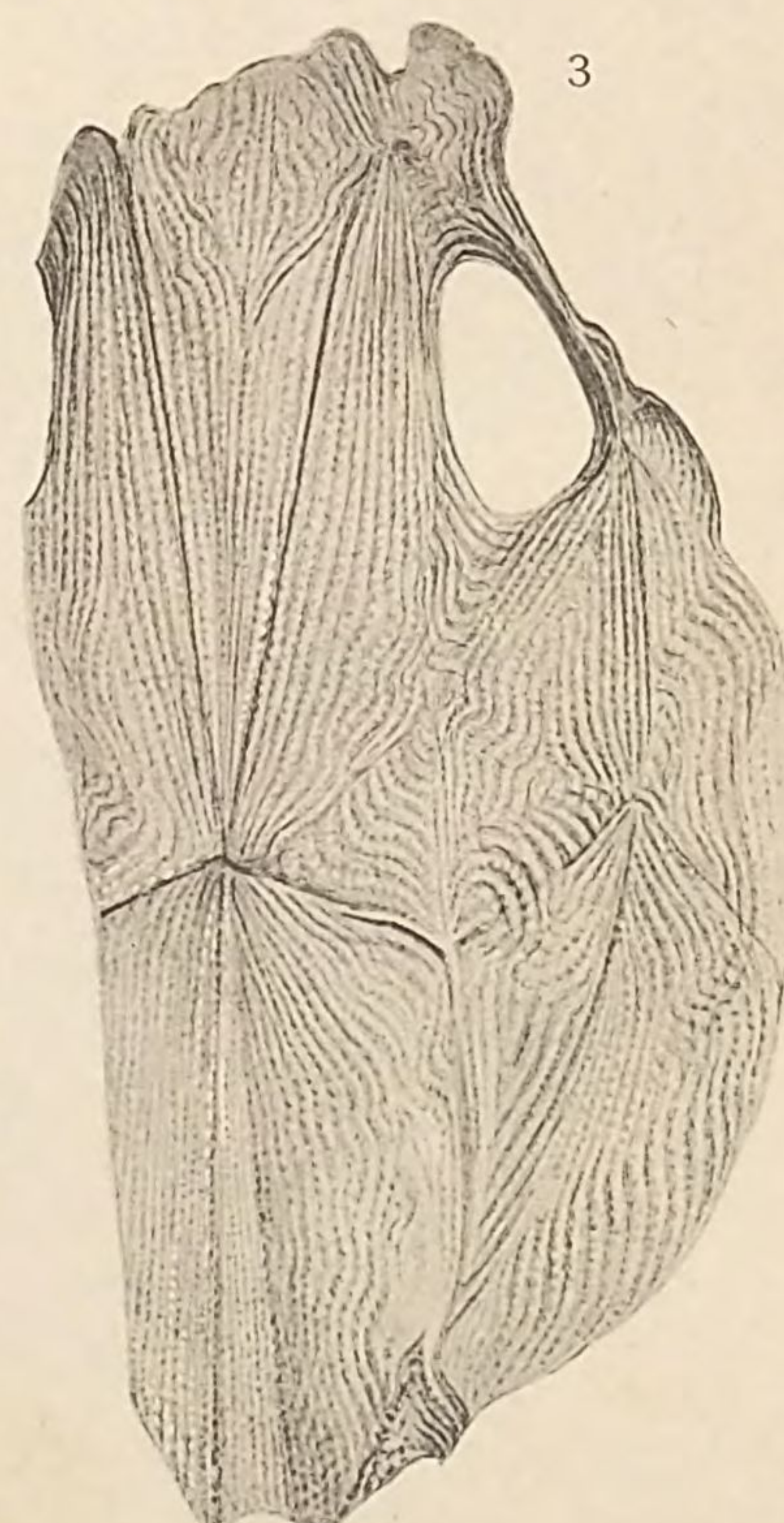
1

b



2

$\frac{1}{2}$



3

Ueber einige Fischreste des norddeutschen und böhmischen Devons.

Von

A. von Koenen.

Mit Tafel I—V.

Vorgelegt in der Sitzung der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften am 25. Mai 1895.

Vorwort.

In den Abhandlungen der Kgl. Gesellschaft zu Göttingen, Band XXX, 1883, S. 1—41, Taf. I bis IV hatte ich eine Reihe von Placodermen-Resten aus dem norddeutschen Oberdevon beschrieben, welche grossentheils aus den schwarzen Goniatitenkalken von Wildungen und von Bicken bei Herborn stammten, zum Theil aber auch aus den röthlichen Kalken im Hangende des Eisensteins vom Bredelar und vom Martenberg bei Adorf. Von denselben Fundorten hat inzwischen das Göttinger Museum, die Sammlung der Kgl. Geologischen Landesanstalt, das Geologische Institut zu Marburg und die Geologische Sammlung der Technischen Hochschule zu Aachen verschiedenes neues und zum Theil besseres Material erhalten, welches mir durch die Güte der Herren Geh. Oberbergrath Hauchecorne, Professor Kayser und Professor Holzapfel zur Untersuchung anvertraut wurde. Ausserdem übersendete mir Novak kurz vor seinem frühzeitigen Tode das unten beschriebene Exemplar von *Holopetalichthys Novaki* v. Koenen von Konieprus bei Beraun, und durch Ankauf der Winter'schen Sammlung gelangte das Göttinger Museum in den Besitz wichtiger Reste von *Macropetalichthys* und *Dinichthys*, so dass ich jetzt Veranlassung habe, meine Untersuchungen auch auf Vorkommnisse älterer Devon-Bildungen, besonders des Eifeler Kalkes auszudehnen.

Aus den mitteldevonischen Crinoïden-Schichten von Gerolstein hatte Beyrich 1877 (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. XXIX, S. 751, Taf. X) einen trefflich erhaltenen Panzer als *Pterichthys rhenanus* beschrieben und abgebildet. Ein zweites gutes Exemplar aus denselben Schichten fand Kayser (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1880, XXXI, S. 818). Mehrere leider sehr unvollkommen erhaltene Exemplare

anscheinend derselben Art hat auch Holzapfel in denselben Schichten bei Gerolstein gesammelt, und in den mergeligen Schichten des Stringocephalenkalkes von Paffrath den Theil eines Panzers von reichlich 40 mm Länge und 30 mm Breite, welcher leider Nähte nicht sicher erkennen lässt, aber recht wohl der vordere Theil der rechten Seite von *P. rhenanus* Beyr. sein könnte. Das Gestein haftet zum Theil so fest an der Oberfläche der Knochenplatten, dass diese sich nicht wohl frei legen lassen. Es ist aber vorn noch ein rundlicher ca. 30 mm langer Knochentheil theilweise sichtbar, welcher nach oben durch eine scharfe Kante mit spitzen, ca. 1,3 mm breiten Höckern begrenzt wird, ähnlich denen, welche das Ruderorgan von *Pterichthys* auf seiner Aussenseite trägt, wie solche noch neuerdings von Traquair in seiner wichtigen Arbeit über die Struktur und Klassifikation der *Asterolepiden* (Ann. Magaz. of Nat. Hist., Ser. 6, Vol. II, 1888, p. 485, Taf. XVII) abgebildet wurden. Es wäre daher dieser Knochentheil vielleicht als ein Theil des Ruderorgans von *Asterolepis* (*Pterichthys*) *rhenanus* anzusehen.

Jedenfalls ist das mir vorliegende Material von *Pterichthys* für nähere Untersuchungen ungenügend, so dass ich darauf verzichten muss, näher auf diese Gattung einzugehen. Aus den mitteldevonischen Dachschiefern von Raumland bei Berleburg befindet sich in der Göttinger Sammlung ausser kleineren, ganz platt gedrückten Bruchstücken auch ein grösseres von 8 cm Breite und bis zu 10 cm Länge, welches Nähte und Plattengrenzen nicht mit Sicherheit erkennen lässt, seiner Skulptur nach aber recht wohl zu *Asterolepis* gehören könnte.

Noch ungünstiger ist die Erhaltung einer Anzahl Stücke aus den Dachschiefern des untersten Devon von Bundenbach, welche zum Theil ähnliche Grösse erreichen, aber nur ein Mittelding zwischen Steinkern und Abdruck, oder Steinkerne mit aufgeprägter, wenig deutlicher Skulptur sind.

Von *Acanthaspis Prümensis* Traquair (Ann. Magazine of Nat. History, Ser. 6, Vol. 14, p. 370, Taf. IX, f. 1) aus dem Unterdevon von Prüm liegt mir nichts vor, und verschiedene andere Fischreste, welche mir vorliegen, sind so unvollkommen erhalten, dass ich nicht wagen kann, sie auch nur einer bekannten Gattung mit irgend welcher Sicherheit zuzurechnen, so z. B. einen ziemlich dünnen und gekrümmten, gegen 17 mm langen Zahn aus den oberen Calceola-Schichten der Auburg bei Gerolstein (Aachener Sammlung), von welchem nur der Längsdurchschnitt sichtbar ist. Von anderen Resten steht nur soviel fest, dass sie zu Formen gehören, die zur Zeit noch gänzlich unbekannt zu sein scheinen.

Unsere Kenntniss der devonischen Fischreste ist aber seit Veröffentlichung meiner Arbeit sehr gefördert worden, besonders durch verschiedene Abhandlungen von Traquair in den Annals and Magazine of Natural History und im Geological Magazine, ferner durch solche von A. Smith Woodward, dessen Catalogue of Fossil Fishes in the British Museum (London 1891) besonders werthvoll ist und die bezüglichen Angaben von Etheridge (Fossils of the British Islands, vol. I, Palaeozoic, Oxford 1888) noch vervollständigt.

Ctenacanthus (?) *erectus* v. Koenen.

Vorkommen: Unteres Oberdevon: Büdesheim bei Gerolstein.

Aus den Goniatitenschiefern von Büdesheim befindet sich in der Göttinger Sammlung das 30 mm lange, nur schwach gekrümmte Bruchstück eines Flossenstachels von 6 mm Breite, dessen Seitenfläche 9 etwas abgerundete Längsrippen trägt. Dieselben werden durch ziemlich tiefe Furchen von einander getrennt, welche zunächst der Vorderseite fast so breit, in der Mitte kaum halb so breit wie die Rippen sind und nach der Hinterseite noch schmaler und zugleich flacher werden. Die Rippen tragen in Abständen von ca. 1 mm Anschwellungen, welche nach oben ziemlich scharf begrenzt sind, nach unten aber ganz allmählich abfallen. Hinten sind noch 2 kurze, scharf nach unten gerichtete Stacheln sichtbar, welche von Mitte zu Mitte etwa 2 mm von einander entfernt sind.

Eine ähnliche Skulptur zeigt auch die Abbildung von *Homacanthus arcuatus* Ag. (Poissons foss. du vieux grès rouge, Taf. 33, f. 1—3), obwohl Agassiz in seiner Beschreibung nichts davon erwähnt. *H. arcuatus* ist aber jedenfalls weit stärker gekrümmt, als unsere Art, die durch die schwache Entwicklung der Quer-Skulptur sich vor den meisten anderen *Ctenacanthus*-Arten auszeichnet. Ein Exemplar von *Homacanthus arcuatus* von Marianau bei Petersburg, welches sich in der Göttinger Sammlung befindet, ist freilich nur schwach gekrümmt und lässt nichts von der erwähnten Skulptur erkennen.

Aehnlich ist ferner auch die Längs-Skulptur von *Ctenacanthus distans* M'Coy (Brit. Pal. Foss. S. 625, Taf. 3 K, f. 15), welcher von Davis und A. S. Woodward als *Acondylacanthus* aufgeführt wurde; bei diesem sind jedenfalls die Längsrippen weit zahlreicher, und die Stacheln weit weniger scharf, als bei unserer Art, die ich vorläufig zu *Ctenacanthus* stelle.

Coccosteidae.

Die am besten bekannten Gattungen der *Coccosteiden* sind *Coccosteus* Ag. und *Homosteus* Asmus, zumal nachdem Traquair die Unterschiede zwischen beiden unter Beifügung schematischer Abbildungen auseinander setzte (Geolog. Magazine 1889, S. 1). Zu derselben Familie stellte noch Traquair die Gattung *Acanthaspis* Newberry (Ann. Mag. Nat. Hist. 6. Ser., Vol. XIV, S. 371), und dazu könnten auch wohl noch die Gattungen *Aspidichthys* und *Titanichthys* Newb. gehören und vielleicht auch noch *Anomalichthys* v. Koenen, während dies bei anderen Gattungen oder eigentlich eher Namen, wie *Chelyophorus* Ag. im höchsten Grade zweifelhaft ist.

Gattung *Coccosteus* Agassiz.

Für solche *Coccosteus*-Arten, bei welchen die Grenze zwischen Kopf und Leib sehr steil zur Körper-Axe steht, der obere Theil der hinteren Kopfplatten sehr kurz ist, und die Augen verhältnissmässig weit nach hinten liegen, hatte

ich nun 1883 (Placodermen S. 14 etc.) eine Untergattung *Brachydeirus* unterschieden, ohne freilich an dem mir damals vorliegenden Material die Gestalt und Anordnung der Kopfplatten mit genügender Sicherheit erkennen zu können. Jetzt liegen mir aber theils aus der hiesigen Sammlung, theils aus der Marburger, der Aachener und der der Kgl. geologischen Landes-Anstalt eine Reihe zum Theil besserer Exemplare vor, und ich habe nun Folgendes zu bemerken.

Pander (Placodermen S. 64) hatte schon ausgeführt, dass verschiedene Furchen auf den Kopfplatten von *Coccosteus decipiens* nicht als Suturen zu betrachten seien, ohne jedoch eine andere Deutung zu geben. Traquair gab in seinen wichtigen Aufsätzen über *Coccosteus* etc. (Geol. Mag. 1889, S. 1, Taf. I und Ann. Mag. of Nat. Hist. 1890, S. 125, Taf. X) Darstellungen des Baues von *Coccosteus decipiens* Ag., welche von den früheren besonders dadurch abweichen, dass sowohl die von Pander von Suturen unterschiedenen, als auch einzelne der von Pander etc. als Tafelgrenzen abgebildeten Linien durch punktirte Linien ersetzt und als „Seitenlinien“ bezeichnet werden, und von dem Occipitale verläuft eine Zickzack-Naht bis zu der Platte, unter welcher das Parietal-Organ liegen würde, so dass die vor dem Occipitale liegende Platte (centrale) in zwei symmetrische Hälften getheilt wird. Diese Naht ist an den meisten norddeutschen Stücken wesentlich deutlicher, als an den englischen, aber geradlinig. Von Seitenlinien ist ferner an den mir vorliegenden Exemplaren, soweit ihre Oberfläche gut erhalten ist, mit Ausnahme der Umgebung der Augenhöhle meist nichts zu erkennen, dagegen zeigen manche Stücke, deren Platten mehr oder minder stark angewittert oder gespalten sind, dass eine grössere Zahl von sehr schrägen Nähten durch die Platten hindurch setzen, so dass diese schuppenartig weit übereinander übergreifen, und diese Nähte treten an die Oberfläche des Kopfschildes, zum Theil mindestens, an den Stellen, an welchen auf Traquair's Abbildungen „Seitenlinien“ angegeben sind; so läuft namentlich bei *C. inflatus* eine Naht quer durch die von Traquair als Centrale bezeichnete Platte und entspricht somit der Naht zwischen den Platten 3 und 5 Pander's (Taf. 3, f. 1); von dieser aus laufen ferner 2 symmetrische Nähte nach dem vorderen Ende des Kopfes, entsprechend den Nähten zwischen den Platten 5 und 6 bei Pander l. c., und die Naht zwischen den Kopfgelenkplatten (*occipitalia externa*) und dem Centrale (zwischen 2 und 3 bei Pander) bildet sehr tiefe Schleifen, indem sie nahe dem hinteren Ende des Occipitale sich von dessen Rand ablöst und in doppeltem Zickzack, also 2 Mal, bis in die Linie des vorderen Randes des Occiput vorspringt, das erste Mal an der Stelle, wo auf Traquair's Zeichnung die Seitenlinie parallel dem Rande des Occiput verläuft.

Bei dem seiner Zeit abgebildeten Exemplare von *C. Bickensis* ist auch deutlich zu erkennen, dass das Occipitale, ähnlich wie Pander dies beobachtet hatte, aus 2 übereinander liegenden Platten besteht. An verschiedenen Exemplaren ist aber der Verlauf aller dieser Nähte in der Regel mehr oder weniger verschieden, anscheinend je nachdem eine mehr oder weniger dicke Schicht der Oberfläche der Platten fehlt. Im Allgemeinen stimmen die Stücke aus dem norddeutschen Ober-Devon aber besser mit den Abbildungen von Pander und Egerton überein, als

mit den erwähnten von Traquair, und namentlich auf Egerton's Abbildung der Unterseite des Kopfes von *Coccosteus* (Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. 16, 1860, p. 129) lassen sich manche norddeutsche Exemplare recht gut deuten, so dass ich keine Veranlassung nehmen kann, die norddeutschen Arten doch etwa weiter von *Coccosteus* zu unterscheiden, sondern auch jetzt nur eine Untergattung *Brachydeirus* davon abtrennen möchte, wenn auch wesentlich anders begrenzt, als früher.

Eine wesentliche Schwierigkeit bereitet hierbei, dass die Gestalt und Anordnung der Kopfplatten der angewitterten Exemplare, selbst solcher, die ich ein und derselben Art zurechnen muss, recht verschieden erscheint, und zwar wohl nicht nur in Folge der verschieden starken Anwitterung; vielleicht ist dies zum Theil durch individuelle oder Alters-Verschiedenheiten zu erklären, vielleicht sind auch bei einzelnen Stücken die nur ganz flach gegen die Oberfläche geneigten Nähte durch stärkeren Druck oder durch Infiltration von Kalkspath fester, beziehungsweise undeutlicher geworden.

Gerade die grössten Abweichungen von einander in der Zahl und Gestalt der Platten finden sich aber bei je einem Exemplar von *C. inflatus* und *C. carinatus*, bei welchen ich den Verlauf der Nähte beziehentlich Seitenlinien mit befriedigender Sicherheit feststellen konnte, indem ich aus den äusseren Abdrücken die Plattenreste entfernte, und zwar bei dem Abdruck des früher (Placodermen Taf. IV, fig. 2) abgebildeten *C. inflatus* und bei dem eines noch jungen *C. carinatus* in der Sammlung der Kgl. geologischen Landesanstalt in Berlin. Beide lasse ich, auf die Ebene der Tafel projicirt, Taf. III, fig. 5 und fig. 6, abbilden. Um den Vergleich mit Traquair's Schema zu erleichtern, habe ich auf fig. 6 diejenigen Nähte von *C. inflatus*, welche Traquair's Seitenlinien entsprechen, ebenfalls durch punktirte Linien unterscheiden lassen, und es ergiebt sich dann bei der Vergleichung eine wesentliche Uebereinstimmung im Bau des Kopfes, abgesehen freilich davon, dass bei *C. inflatus* die Augenhöhlen grösser sind und weiter nach hinten liegen, die Grösse und Gestalt der einzelnen Platten deshalb eine etwas andere ist, und die Nähte zum Theil weniger stark gekrümmt sind, namentlich die in der Mittellinie, welche auch wohl deutlicher sind. In der Gegend des Parietal-Organ sind die Platten durchbrochen.

Die in die Platten eingeschriebenen Buchstaben sind dieselben, wie auf Traquair's Abbildungen, nämlich:

- mo = Occipitale (mittleres),
- eo = äussere Occipitalia,
- po = Praeorbitalia,
- m = Marginalia,
- c = Centralia,
- pto = Postorbitalia.

Die von Traquair vorn und am Rande noch ausserdem angegebenen Platten fehlen leider oder sind doch nicht mit Sicherheit zu erkennen.

Der Kopf von *C. carinatus* (fig. 5) zeichnet sich nun dadurch aus, dass Seiten-

linien vorhanden sind, welche mit Nähten nicht in Verbindung zu stehen scheinen, dass alle Nähte weniger gekrümmt, und die Tafeln grösser und etwas weniger zahlreich sind. Es wird dies aber dadurch bedingt, dass die äusseren Occipitalia bis an die seitlichen Ecken des hinteren Kopfrandes reichen und dort an die Postorbitalia stossen, so dass die Marginalia fehlen oder doch zu fehlen scheinen, in letzterem Falle aber jedenfalls nur in ganz geringer Grösse vorhanden gewesen sind. Die Centralia sind scharf getrennt, wie ja auch schon ihre Skulptur erkennen lässt, und liegen ganz über den Augenhöhlen, welche reichlich eben so lang sind, wie ihr Abstand vom hinteren Rande des Kopfes. Die Seitenlinien weichen ebenfalls ganz von denen von *Coccosteus* ab; sie verlaufen vom hinteren Rande des Kopfes, aus der Nähe des Gelenkes, in einfachem, nach unten gerichtetem Bogen bis oberhalb der Augen und verschwinden dort an einer schräg vom hinteren Rande des Auges herkommenden Seitenlinie, ohne dass anscheinend Abzweigungen nach dem Rande des Schädeldaches oder eine Verbindung zwischen ihnen vorhanden wäre. Ausserdem beginnt noch je eine Seitenlinie auf den beiden Platten vor dem Occipitale, etwa 10 mm vor diesem, und läuft bis an den vorderen Rand des Stückes, etwa entsprechend den vordersten Seitenlinien von *Coccosteus*, aber hinten nicht nach aussen gekrümmt, wie bei diesen, sondern nach innen.

Die grossen Exemplare derselben Art, wie das Taf. I, fig. 1—3 abgebildete, lassen zwar die Grenzen der einzelnen Platten nicht mit gleicher Schärfe erkennen, da die Nähte in Folge von Abwitterung etwas zu breit erscheinen, scheinen aber ganz denselben Bau des Kopfes zu besitzen.

Von den beiden anderen, seiner Zeit von mir beschriebenen Arten schliesst sich *C. bidorsatus*, bei welchem ich die Nähte auf der hinteren Hälfte des Kopfes mindestens an einem Exemplare grossentheils erkennen konnte, durch die Gestalt der centralia zunächst an Traquair's Abbildung von *C. decipiens* eng an, doch ist eine Naht in der Mittellinie als Grenze zwischen den beiden *C.* Tafeln nicht deutlich zu sehen; Gürich giebt indessen eine solche Mittelnahht bei dem Exemplar der Breslauer Sammlung an (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 43, S. 907), welches ich seiner Zeit nicht direkt, sondern nur in Form eines Gyps-Abgusses vergleichen konnte, da es verlegt war. Die von Gürich hier gegebene Darstellung der hinteren Seitenplatten des Breslauer Stückes ist übrigens recht wohl vergleichbar mit meiner Abbildung von *C. inflatus* (Taf. III, fig. 6). *C. Bickensis*, bei welchem ich die Tafelgrenzen noch weniger gut kenne, scheint sich darin von *C. decipiens* nicht wesentlich zu unterscheiden, gleicht diesem aber weit mehr, als die übrigen Arten, durch die Lage der Augenhöhlen und die ganze Gestalt des Kopfes, dessen hinterer Rand unten stark vorgebogen ist. Dagegen scheint eine grössere Verschiedenheit in der Gestalt, Grösse und Anordnung der seitlichen Rückenplatten obzuwalten, besonders durch die Grösse der hintersten derselben, welche durch ihre Höhe wohl der Pander'schen Abbildung von *C. decipiens* gleichen, nicht aber derjenigen Traquair's.

Nach allem diesem halte ich es jetzt für richtiger, die früher von mir unter-

schiedene Untergattung *Brachydeirus* enger zu begrenzen, nämlich in der Weise, dass sie von bekannten Arten nur *B. carinatus* v. Koenen enthält, bei welchem nicht nur der hintere Theil des Kopfes kurz ist, und die Augenhöhlen demselben verhältnissmässig nahe liegen, sondern auch zugleich die marginalia anscheinend fehlen, die Seitenlinien deutlich, aber wenig ausgedehnt sind.

Wenn ich also die Untergattung *Brachydeirus* jetzt, wo mir besseres Material vorliegt, in anderen, engeren Grenzen auffassen muss, und wenn ich deshalb ausser *C. Bickensis* v. K. auch *C. inflatus* v. K. und *C. bidorsatus* v. K. zu *Coccosteus* selbst stelle, lasse ich es vorläufig unentschieden, ob etwa noch eine Untergattung für die erstere Art oder die beiden letzteren zu unterscheiden sein könnte.

Von *C. Bickensis* sind mir bessere Exemplare nicht zu Gesicht gekommen, wohl aber von den beiden anderen Arten, auf die ich daher unten näher eingehen werde.

Ich hatte nun gewisse Knochen, die ich bei *C. Bickensis* und *C. bidorsatus* in situ beobachtet hatte, als Ruderorgane gedeutet (*Placodermen* S. 11), doch hatte Traquair, jedenfalls der beste Kenner dieser Formen, dagegen Widerspruch erhoben (*Ann. Mag. Nat. Hist.* 6. Ser., V, S. 125), weil an den englischen Exemplaren nie dergleichen beobachtet worden wäre, und ich hatte dann (*Neues Jahrb. f. Min.* 1890, II, S. 198) darauf hingewiesen, dass dies vielleicht durch die Erhaltungsweise bedingt sei, da die englischen Stücke ja stets plattgedrückt sind, so dass etwa die Rückenplatten über die Ruderorgane bei der Verdrückung übergeschoben worden wären, und dass diese in einer tieferen Gesteinslage steckten; zudem habe ich verknöcherte Sklerotikalringe bei den meisten besseren norddeutschen Exemplaren beobachtet, jene muthmasslichen Ruderorgane dagegen nur bei zweien, während Traquair nur von einem einzigen der zahlreichen englischen Exemplare von *Coccosteus* Sklerotikalringe anführte, so dass die Ruderorgane immerhin auch an englischen Stücken aufgefunden werden könnten.

Den Ausdruck „Ruderorgan“ hatte ich im Uebrigen dem Ausdruck „Flosse“ vorgezogen, da diese knöchernen Gliedmassen von *Coccosteus*, ebenso wie die von *Pterichthys*, mehr zum Stemmen und Stützen oder Kriechen geeignet erscheinen, als zu einem wirklichen Schwimmen. Als Theile eines Schultergürtels möchte ich sie jedenfalls nicht deuten, schon wegen ihrer Lage längs des unteren Randes des Rückenschildes, und derartiges ist an englischen Exemplaren auch noch nicht beobachtet worden. Ich muss jedenfalls vorläufig meine Ansicht über jene Organe festhalten, die ich übrigens ja nur mit Vorbehalt ausgesprochen hatte.

Was Trautschold übrigens (*Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges.* XLI, 1889, S. 35, Taf. III—VI) als Ruderorgan von *Coccosteus* beschrieb und abbildete, hat mit den meinigen nicht die geringste Aehnlichkeit, und mit Recht wendeten sich Jaekel (*Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges.* XLII, S. 773) und Gürich (dieselbe Zeitschrift XLIII, S. 907) gegen Trautschold's Auffassung.

Hier möchte ich aber noch bemerken, dass *C. Hercynius* v. Meyer (*Palaeontographica* III, S. 82, Taf. XII, Fig. 28) aus dem unteren Mitteldevon, den Wisenbacher Schiefer „oberhalb Lerbach“, nach der Abbildung zu urtheilen, von

H. v. Meyer in den einzelnen Platten sehr richtig gedeutet und jedenfalls mit Recht zu *Coccosteus* gestellt wurde.

Ungenügende Bruchstücke, innere und äussere Abdrücke von Platten, welche aus denselben Schichten von der Wiederwage am Hutthal bei Clausthal sich in der Göttinger Sammlung befinden, könnten derselben Art angehören.

Was endlich Barrande's *Coccosteus primus*, C. Agassizi und C. Fritschi aus den F- und G-Kalken von Konieprus etc. betrifft (Syst. Silurien du Centre de Bohême I. Suppl., S. 637—40, Taf. 29, f. 1—8 und Taf. 30, f. 1—6), so dürften diese Reste, den Abbildungen nach zu urtheilen, grösstentheils nicht zu *Coccosteus* gehören, und bei den übrigen dürfte ihre Deutung mindestens sehr zweifelhaft sein. So könnte das Taf. 29, f. 1 abgebildete Fragment ja möglicher Weise von dem Occipitale von *Coccosteus* herrühren, die ebenda f. 3 und 6 abgebildeten Platten scheinen mir aber ebenso gut als hintere Bauchplatten von *Pterichthys* oder Platten von *Anomalichthys* angesehen werden zu können, und die beschädigte, grosse, *Coccosteus Fritschi* benannte Platte (Taf. 30, f. 1) könnte ihrer Grösse und Gestalt nach ebenfalls zu *Aspidichthys* gehören. Die beiden von Barrande mit *Asterolepis* verglichenen Platten (Taf. 29, f. 9 u. 13) haben mit dieser Gattung ferner auch wenig Aehnlichkeit; namentlich hat die mittlere Rückenplatte von *Pterichthys* doch eine stärkere Wölbung, und die geraden, unsymmetrischen Nähte zeigen, dass Barrande's Stücke unmöglich mittlere, symmetrische Platten sein können, während bei *Anomalichthys*, wie wir später sehen werden, ähnliche Nähte und ähnliche eckige Tafeln, sowie ganz dieselbe Skulptur vorhanden sind. Schliesslich möchte ich darauf hinweisen, dass der von Barrande nicht näher gedeutete Knochen, welchen er l. c. Taf. 34, f. 29—34 abbildete, in der Gestalt an die Infraorbital-Platte von *Dinichthys* erinnert, wie sie Newberry (Palaeoz. Fishes of N. America, Geol. Survey Monogr. XVI, Taf. 47, f. 1. 2) abbildete, durch seine Skulptur von Schmelzhöckern dagegen ganz von *Dinichthys* abweicht und eher zu *Aspidichthys* passt, von welchem die Infraorbital-Platte noch nicht bekannt ist, so dass diese vielleicht in Barrande's Exemplar zu sehen ist.

Coccosteus inflatus v. Koenen.

Tafel II, Figur 6.

Coccosteus inflatus v. Koenen. Beitr. z. Kenntniss der Placodermen S. 26, Taf. I, fig. 1 und Taf. IV, fig. 1—3.

Coccosteus obtusus v. Koenen. Verhandl. naturhist. Verein der Rheinlande, Westfalen etc. 1886, XXXV, S. 55.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon: Bicken bei Herborn, Braunau bei Wildungen, Müllenborn bei Gerolstein.

Unter den von Herrn E. Kayser mir freundlichst zugesendeten Exemplaren der Marburger Sammlung befinden sich zwei von Wildungen, welche den Kopf zum Theil unverdrückt in einer Breite von 52 mm und einer Länge von ca. 65 mm

enthalten, also ähnliche Dimensionen haben, wie das von mir früher (a. a. O. Tafel IV, fig. 2) abgebildete Stück. Ein Exemplar von gleicher Grösse befindet sich auch in der Aachener Sammlung. Leider fehlt allen diesen Stücken von Wildungen mindestens die Oberfläche der Platten, oder es sind nur Steinkerne, und die Begrenzung der Platten, welche ja schräg übergreifen, erscheint daher fast bei allen Exemplaren, ja selbst auf den beiden Seiten ein und desselben Exemplares verschieden.

Herr Holzapfel hat aber auch vor einigen Jahren bei Wildungen ein Exemplar mit grösseren Bruchstücken des inneren Skelets gefunden, nebst der Gegenplatte, welche er freundlichst der Göttinger Sammlung verehrte. An diesem Stück sind Reste von Platten vorhanden, welche ich zum Theil für Bauchplatten von *Coccosteus inflatus* halten möchte, so dass zu dieser Art auch das daneben liegende innere Skelett gehören würde. Von dem Wirbelkörper ist nichts erhalten, und auch die unteren und oberen Bogentheile sind nicht genau zu erkennen, dagegen sind die Dornfortsätze grösstentheils mit Kalkspath, zum Theil aber auch mit Gestein erfüllt und dadurch oder im Abdruck wohl zu erkennen, obwohl die dünne Knochenhülle sehr mürbe und zum Theil ganz zerstört ist. Dasselbe gilt auch von ein paar Flossenträgern, welche hinter einer Bauchplatte liegen und daher wohl die Bauchflosse getragen haben. Die Dornfortsätze sind zum Theil 12 mm lang erhalten, in der Mitte ihrer Länge gegen 2 mm dick und etwa 1 mm von einander entfernt. Die Kalkspathausfüllung ist in der Nähe der Bogentheile recht dünn, wird dann schnell dicker und nimmt nach den Enden zu wieder an Durchmesser ab.

Ein Stück von Bicken in der Marburger Sammlung enthält die Ausfüllung von 11 Dornfortsätzen, welche bis zu 3 mm dick ist, und lässt an einem Ende auch den Uebergang der Bogentheile in die Wirbelkörper erkennen, welche je 3 mm lang und gegen 8 mm dick gewesen sind. Zu welcher Art diese Skelettheile gehören, lässt sich nicht entscheiden.

In dem kleinen Aufsatz über *Coccosteus inflatus* von Müllenborn bei Gerolstein in den Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins zu Bonn l. c. ist einige Male an Stelle von *C. inflatus* *C. obtusus* gedruckt, wie ich die Art ursprünglich hatte nennen wollen, ehe ich bemerkte, dass dieser Name bereits von Agassiz vergeben war; aus dem Zusammenhange ergiebt sich aber zur Genüge, dass ersterer Name überall stehen sollte.

Untergattung Brachydeirus v. Koenen.*Brachydeirus carinatus* v. Koenen.

Tafel I, Figur 1—3; Tafel II, Figur 5.

Coccosteus carinatus v. Koenen. Beitr. z. Kenntniss d. Placodermen S. 31, Taf. II, f. 1.

Vorkommen: Unteres Oberdevon bei Bicken und Wildungen.

In den Goniatitenkalken von Wildungen hat Herr Holzapfel verschiedene Exemplare gesammelt, welche zum Theil wesentlich besser erhalten sind, als die seiner Zeit von mir beschriebenen, und diese ausgezeichnet ergänzen.

Das Tafel I, fig. 1 und 2 abgebildete Stück ist zwar mehr oder minder stark angewittert oder doch der Oberfläche der Platten beraubt, so dass die Skulptur und die Begrenzung der einzelnen Platten nur theilweise noch zu erkennen ist, es ist aber nur in ganz geringem Grade verdrückt und enthält fast den ganzen Kopf und einen grossen Theil der Rückenplatten.

Der Kopf ist reichlich 11 cm lang und unmittelbar hinter den Augen etwa 7 cm breit; er verjüngt sich von hier nach vorn allmählich und ist vorn nur etwa 2 cm breit, nimmt aber nach hinten nur noch wenig an Breite zu. Hinten hat er oben in der Mitte eine Kante von ca. 130 Grad und auf jeder Seite, reichlich 3 cm von der Mitte, eine stumpfe Kante von nahezu 140 Grad, so dass die knapp 3 cm hohen unteren Hälften der Seiten nach unten sehr deutlich divergiren.

Die Kante in der Mitte des Hinterhauptes verflacht sich nach vorn schnell und gabelt sich in zwei stumpfe, abgerundete Kanten, welche 8 cm von dem Hinterhaupttrande gegen 3 cm von Mitte zu Mitte von einander entfernt sind, dann aber, nach ihrer Vereinigung mit den nachstehend erwähnten Seitenkanten, schnell schärfer, fast rechtwinklig werden und nach vorn wieder konvergiren, so dass sie vorn nur etwa 2 cm von einander entfernt sind. Von 3,5 cm vom Hinterhaupttrande an nach vorn bildet sich zwischen ihnen eine sehr deutliche Einsenkung aus, in welcher 2,5 cm weiter vorn die Platten ein dreieckiges Loch haben, welches 13 mm lang, hinten spitz und vorn fast 10 mm breit ist.

Die erwähnten Kanten auf beiden Seiten des Hinterhauptes beginnen an den Gelenken zwischen Kopf und Rücken und treten etwas deutlicher dadurch hervor, dass nahe über ihnen, an den Seitenrändern der Occipitalplatte, eine recht merkliche Einsenkung liegt, welche sich aber weiter nach vorn bald verliert, während die beiden Kanten bis zum Anfange der Augen, 45 mm von hinten, ganz schwach konvergiren, über den Augen aber deutlich konvergiren und sich etwa 75 mm von hinten eine jede mit der betreffenden oberen Kante vereinigen.

Die Augenöffnungen sind eiförmig, vorn merklich höher und breiter abgerundet, als hinten, 47 mm lang und 33 mm hoch, und liegen nahe unter den Seitenkanten, beziehentlich unter deren Vereinigung mit den Oberkanten.

Das Infraorbitale (Maxillare) befindet sich auf der rechten Seite des Kopfes in situ, vollständig mit den übrigen Platten verwachsen.

Noch etwas stärker, als auf dem Hinterhaupt, ist die Einsenkung auf den beiden Seiten der mittleren Rückenplatte, welche nur zur Hälfte erhalten und oben und hinten stärker beschädigt ist; vermuthlich ist sie an der bei anderen Arten beobachteten undeutlichen Quernaht abgebrochen. Von den seitlichen Rückenplatten sind an diesem Exemplar nur die obersten vorhanden und hinten scharf begrenzt, vorn aber zerbrochen.

Vollständiger erhalten sind sie auf dem fig. 3 abgebildeten Stück, aber platt gedrückt und zum Theil nur von ihrer Unterseite, beziehentlich mit ihrer unteren Begrenzung zu sehen, doch ist dafür der hintere und der untere Rand scharf zu erkennen, da sie nicht gegen die Platten der anderen, der linken Seite gedrückt sind, wie dies bei den früher von mir benutzten Exemplaren der Fall war; ausserdem ist auch noch eine der vorderen Bauchplatten von innen sichtbar.

Die oberen Seitenplatten des Rückens stimmen hiernach weit eher mit Sir Egerton's Abbildung fig. 6 (Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. XVI, S. 133) von *Cocosteus Milleri* überein als mit der Pander's von *C. decipiens*, indem die hintere (l bei Egerton) kurz und dreieckig, unten sehr spitz ist, aber nicht halb so weit nach unten, bis an den unteren Rand reicht, wie Pander's Platte 20. Die vordere (h bei Egerton) ist aber zweitheilig, und die Theilungs-Linie läuft fast senkrecht gegen die Platten 10 und 12 Pander's, welchen die Platte h Egerton's entsprechen würde. Die untere Seitenplatte ist unverhältnissmässig gross und entspricht den beiden Platten 2 und 3 Egerton's, sowie der Platte 14 Pander's. Auf ihrer Unterseite finden sich zwei erhabene Kanten, welche ein stumpfes, annähernd gleichschenkeliges Dreieck von 12 mm Höhe begrenzen, dessen lange Seite am vorderen Rande der Platte liegt, aber anscheinend nicht ganz bis zu seinem unteren Ende reicht.

Die Schmelzhöcker aller Platten sind in gekrümmten Reihen angeordnet, und zwar auf den seitlichen Rückenplatten vorwiegend parallel den hinteren Rändern der Platten, auf den Kopfplatten mehr parallel den vorderen und unteren Rändern; auf der mittleren Rückenplatte laufen die Reihen vorn parallel dem vorderen Rande, hinten parallel dem hinteren, an den Seiten den seitlichen, und in der Mitte sind sie in die Höhe gebogen.

Der Kopf ist auf diesem Stück einige Millimeter länger, als der zuerst beschriebene, ist aber ganz verdrückt und lässt weder die Oberfläche der einzelnen Platten, noch auch einigermaßen scharf die Grenzen derselben auf ihrer Unterseite erkennen.

Zu *Brachydeirus carinatus* gehört aber augenscheinlich auch ein Exemplar von Wildungen in der Sammlung der Kgl. Geologischen Landesanstalt, an welchem der grössere Theil des Kopfes, besonders der linken Seite, unverdrückt erhalten ist, an welchem zwar die Oberfläche der Platten angewittert ist, aber auf der Gegenplatte recht scharf die Skulptur und die Begrenzung der einzelnen Platten zu erkennen ist. Das Exemplar ist nur etwa zwei Drittel so gross gewesen, wie das grosse, Tafel II abgebildete, so dass das Occipitale etwa 32 mm lang und fast 25 cm breit gewesen ist. Vor diesem liegen aber zwei symmetrische, durch eine mediane (Sagittal-)Naht verbundene Platten, welche über 22 mm lang

und hinten zusammen 26 mm breit gewesen sind, vorn nur etwa 20 mm. Neben ihnen liegen die Supraorbitalia, von welchen der vorderste Theil leider fehlt, welche sich aber wohl nicht viel weiter nach vorn erstreckten. In ihrer vorderen Hälfte ist je eine schmale, tiefe Furche vorhanden, welche der Mittelnäht etwas näher liegt, als dem Aussenrande der Platten, und als Seitenlinie zu deuten ist.

Der hintere Rand der Kopfgelenkplatten (2 bei Pander, b und e bei Egerton) liegt annähernd senkrecht gegen die Medianlinie der Oberfläche des Kopfes; sie sind ziemlich ebenso gross, wie das Occipitale, wenn auch hinten etwas breiter und nach vorn stärker verjüngt, beziehungsweise schräg abgeschnitten, erscheinen durch je eine tiefe, enge Furche, welche von der Gelenkstelle aus nach vorn gegen die Ränder des Occipitale merklich divergirt, in je zwei Theile zerlegt. Diese Furche entspricht wohl der von Pander angegebenen Naht in seiner Platte 2/2, doch ist sie recht steil gegen den hinteren Rand der Platte gerichtet, und der von ihr begrenzte untere Theil der Platte nähert sich einigermassen in seiner Gestalt einem gleichseitigen Dreieck.

An der unteren Ecke dieser Platte biegt sich der hintere Kopfrand ziemlich steil nach vorn, und es folgt vor den Kopfgelenkplatten schräg nach unten je eine annähernd dreieckige Platte, deren vorderer Rand ziemlich in der Fortsetzung des Vorderrandes der Kopfgelenkplatten und des Occipitale liegt und mit seinem unteren Theile zugleich bis an die Infraorbitalia reicht. In den obersten Theil dieser Platte, bis zu etwa 2 mm von ihrem oberen Rande, läuft aus der Kopfgelenkplatte jene schmale, tiefe Furche, die ohne Zweifel als Seitenlinie zu deuten ist, und biegt sich dann nach oben, so dass sie auf der Supraorbitalplatte wenige Millimeter über der Augenhöhle nach vorn verläuft; sie dürfte als Orbito-Nasal-Kanal zu bezeichnen sein.

Der Abdruck zeigt besonders deutlich, dass die Schmelzhöcker sehr hoch waren, erheblich höher als dick, und in konzentrischen Reihen angeordnet, wenn auch mit allerlei Aus- und Einbuchtungen. Das Centrum dieser Reihen liegt keineswegs in der Mitte der Platten, sondern meistens mehr nach hinten, und bei den seitlichen Platten mehr nach oben.

Am kleinsten sind die Schmelzhöcker stets in der Umgebung dieser Centren und zum Theil noch nicht 1 mm von Mitte zu Mitte von einander entfernt, und die Höcker derselben Reihe sind oft zu mehreren mit einander verbunden, während sie weiter von dem Centrum entfernt auf dem Occipitale und den Kopfgelenkplatten 1,5 mm und selbst 2 bis 2,5 mm Abstand erhalten, auf den übrigen Platten aber nur 1 bis 1,5 mm.

Recht scharf sind die Seitenlinien von den Nähten, beziehentlich Grenzen der einzelnen Platten unterschieden.

Ich lasse dieses Exemplar Tafel II, fig. 5, in eine Ebene ausgebreitet, abbilden.

Gattung *Aspidichthys* Newberry.

Aspidichthys ingens v. Koenen.

Tafel III, Figur 1—3.

Aspidichthys ingens v. Koenen. Beiträge z. Kenntn. d. Placodermen S. 34, Taf. III, fig. 1, Taf. IV, fig. 4.

? *Coccosteus Fritschii* Barrande. Système. Silur. de Bohême I. Suppl., S. 639, Taf. 30, fig. 1.

Vorkommen: Unteres Oberdevon von Adorf, Bredelar und Wildungen.

In den letzten Jahren ist das Göttinger Museum noch in den Besitz mehrerer *Aspidichthys*-Reste aus dem unteren Ober-Devon vom Martenberg bei Adorf und von der Eisensteingrube Charlottenzug bei Bredelar gelangt, also von denselben Fundorten, wie die früher a. a. O. von mir beschriebenen, so dass es mir jetzt möglich ist, zu dem damals Gesagten wesentliche Nachträge hinzuzufügen. Bei Wildungen habe ich nur ein 25 cm langes Bruchstück einer Platte gesammelt. Diese neu erworbenen Reste bestehen ausser aus etlichen kleineren Platten aus einer ziemlich vollständigen, seitlichen Rückenplatte vom Martenberge und einer stark beschädigten von Bredelar. Während es aber bei ersterer wegen der Härte des Gesteins nicht möglich ist, die Unterseite freizulegen, ist mir dies bei der letzteren gelungen, so dass namentlich der ziemlich vollständig erhaltene Gelenk-Vorsprung sichtbar ist, welcher füglich nur dem Gelenk zwischen dem Kopfschild und den seitlichen Rückenplatten angehört haben kann. Dass ein ähnlicher Gelenk-Vorsprung auch unter der vollständigeren Platte vom Martenberge sich befindet, lässt sich mit genügender Sicherheit auf einem Querbruch derselben erkennen; übrigens stimmt auch mit ihr das beschädigte Stück von Bredelar recht gut in Gestalt, Grösse und Skulptur überein, so dass beide wohl als Gelenkplatten von der rechten Seite des Rückens anzusehen sind. Ein kleines Bruchstück einer Gelenkplatte von der linken Rückenseite mit einem Theile des Gelenkkopfes ist aber augenscheinlich das Bruchstück, welches ich früher (S. 35) wegen seiner überraschenden Dicke von 75 mm erwähnt hatte.

Die erwähnte, ziemlich vollständige Platte ist leidlich symmetrisch, abgesehen davon, dass ihr oberer Rand auf eine Länge von mindestens 40 cm nahezu gerade ist, während ihr unterer ziemlich stark gekrümmt ist, so dass er sich in der Mitte von der Mittellinie der Platte mindestens 6 cm weiter entfernt, als der obere Rand. Ueber diesem sind noch Theile einer anderen Platte vorhanden, welche in einer Schieferlage verschwindet. Die Platte hat bei 24 cm grösster Breite eine Länge von 43 cm und ist hinten anscheinend etwas schräg abgestutzt, wenn auch mit einem schwachen Vorsprunge in der Mitte, so dass sie unten ca. 3 cm länger ist, als oben. Der vordere Rand ist 18 cm hoch, unten gegen 4 cm höher als oben, wenn man die Mittellinie durch einen hohen Kiel zieht, welcher sich am Vorderrande erhebt, dessen obere Kante aber abgebrochen ist. Derselbe

springt am vorderen Rande der Platte etwas vor und wird durch je eine nicht unbedeutende Einsenkung auf beiden Seiten begrenzt, welche sich sonst unter einem Winkel von reichlich 120 Grad treffen würden, wie dies auch schon 6 cm vom vorderen Rande der Fall ist, abgesehen von der nur noch geringen Einsenkung auf beiden Seiten und einer dann folgenden flachen Wölbung; der Kiel hat sich bis zu dieser Stelle schon ganz verloren, beziehungsweise ist in eine stumpfe Kante übergegangen, welche sich weiter nach hinten auch immer mehr verflacht, so dass etwa 14 cm vom vorderen Rande nur noch eine etwas stärkere Wölbung vorhanden ist, und etwa 6 cm weiter nach hinten nur noch eine flache Wölbung. Da hier sich auch die beiden Einsenkungen verloren haben, ist die Platte auf ihrer hinteren Hälfte ziemlich gleichmässig und flach gewölbt, nach hinten immer flacher.

Die Schmelzhöcker stehen auf der vorderen Hälfte des unteren Drittels der Platte recht regelmässig in der Quincunx, in Reihen, welche ziemlich steil gegen die Mittellinie gerichtet sind; die Höcker sind ebenso breit oder breiter, als ihre Zwischenräume, und in der Nähe des unteren Randes je 7 bis 8 mm von Mitte zu Mitte von einander entfernt, weiter nach oben nur je 5 bis 6 mm, und 2 bis 3 cm unterhalb der Mittellinie wird ihre Stellung ziemlich unregelmässig und die Grösse der einzelnen Höcker recht verschieden, so dass einzelne fast ebenso stark sind, wie die am unteren Rande, andere weit kleiner, zum Theil noch nicht ein Viertel so breit und hoch. Aehnliches bildet sich auch auf der hinteren Hälfte der Platte nach hinten aus, doch haben dort vielfach die einzelnen Höcker einen grösseren Abstand von einander, als auf der vorderen Hälfte selbst in der Nähe des unteren Randes. In der Nähe des Vorderrandes sind die Schmelzhöcker etwas kleiner und gedrängter, als etwas weiter nach hinten, und der untere Rand bleibt in einer Breite von 7 bis 8 mm frei von Höckern. Auf dem vorderen oberen Theile der Platte sind die Höcker ungenügend erhalten, scheinen aber eine regelmässige Anordnung nicht gehabt zu haben.

An den Rändern ist die Platte abgerundet und, soweit dies zu erkennen ist, wenig über 5 mm dick, nimmt aber nach innen schnell an Dicke zu, so dass sie 4 cm höher gegen 25 mm dick ist.

Auf der Unterseite nimmt, wie die beschädigte Platte von Bredelar zeigt, die Dicke von ca. 14 cm hinter dem Vorderrande an nach vorn beträchtlich zu, beträgt 7 cm weiter nach vorn schon über 6 cm, und von hier erhebt sich schräg nach vorn sowie nach oben und innen ein etwa 4,5 cm breiter Vorsprung, welcher vermuthlich einen Gelenkrand trug und von dem oberen und dem vorderen Plattenrande durch eine über 8 cm tiefe und breite Aushöhlung getrennt wird, aber anscheinend höchstens 2 cm hinter diesen Rändern zurücktritt. Nach hinten und unten ist er nur durch flache Einsenkungen begrenzt.

Da nun die Kopfgelenkplatten der Placodermen recht kurz zu sein pflegen und sein müssen, da sie von den vor ihnen liegenden Augenrandplatten gut getrennt sind, so glaube ich, unsere Platten als Rückengelenkplatten ansehen zu müssen, so dass die Aushöhlung zwischen dem Vorsprunge und dem Platten-

rande zur Aufnahme des Gelenkkopfes der Kopfgelenkplatte diene, nicht unähnlich dem betreffenden Gelenke bei *Coccosteus inflatus*, das ich früher Taf. IV, fig. 3 vergrössert im Längsschnitt abbilden liess.

Bei der grossen Aehnlichkeit in Grösse und Skulptur halte ich es aber für im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die hier beschriebenen Platten derselben Gattung und Art, vielleicht sogar zum Theil denselben Individuen angehören, wie die früher von mir beschriebenen und abgebildeten, welche ja aus denselben Schichten von denselben Fundorten herrühren. Namentlich liegt es nahe, die grosse, oben beschriebene Rücken-Gelenkplatte von Bredelar in Beziehung zu bringen mit der früher Taf. III, fig. 1 abgebildeten und mit Vorbehalt als Occipitalplatte gedeuteten Platte. Wenn ich aber damals daran gedacht hatte, dass diese Letztere doch vielleicht als mittlere Rückenplatte angesehen werden könnte, so möchte ich diesen Gedanken doch jetzt ganz aufgeben, da sie beträchtlich kürzer ist, als die Rücken-Gelenkplatte, während umgekehrt die mittlere Rückenplatte bei der anscheinend zunächst verwandten Gattung *Coccosteus* wesentlich länger ist, als die seitlichen Rückenplatten.

Das damals angeführte, Taf. IV, fig. 4 abgebildete Bruchstück ist nun unsymmetrisch gebaut und stammt sicher von einer Seite her, enthält aber weder einen Theil der Occipitalplatte, wie ich schon damals ausführte, noch einen Theil einer Rücken-Gelenkplatte, da es viel stärker gewölbt ist; auch als Theil des Bauchschildes möchte ich es nicht deuten, theils aus demselben Grunde, theils weil das Bauchschild der Placodermen einen ganz anderen Bau zu haben pflegt, welcher selbst bei *Asterolepis* und *Coccosteus* einigermaßen übereinstimmt. Es müsste das Bruchstück daher dem Kopfe angehören, besitzt übrigens zum Theil eben so grosse Schmelzhöcker, wie die grössten der anderen Platten.

Von den übrigen Placodermen-Resten von Adorf ist ein Stück einer Platte in 13 cm Länge und 8 cm Breite erhalten, welches auf einer Seite von einem annähernd parabolisch gekrümmten Rande mit einer gegen 5 mm breiten, glatten Randzone begrenzt wird; mit seinem stärker gekrümmten Ende trifft dieser Rand fast rechtwinklig auf den geraden Anfang eines anderen Randes, und gegen diesen divergirt eine um 45° gegen die Oberfläche geneigte Naht, welche auf der Oberfläche als Furche mit aufgeworfenen Rändern erscheint, ähnlich den Nähten des Bruchstückes, das ich als *Anomalichthys* beschrieben und abgebildet habe. Ausserdem hat die Platte an dem Bruchrande eine 5 mm breite und 2 mm tiefe Rinne, welche bis zu 35 mm weit verläuft und dann verschwindet.

Die Schmelzhöcker sind sämmtlich stark abgerieben, scheinen aber denen von *Aspidichthys* zu gleichen, auf der inneren Hälfte der Platte zum Theil auch in der Grösse, auf der äusseren sind sie bis zu 20 und 25 mm von dem gekrümmten Rande wesentlich kleiner, ähnlich wie bei *Anomalichthys*. Die Dicke der Platte beträgt zum Theil über 10 mm.

Ebenso klein, aber weit niedriger als bei *Anomalichthys*, von Mitte zu Mitte meist 2 bis 3 mm von einander entfernt, sind die Schmelzhöcker bei zwei anderen, schlechter erhaltenen Bruchstücken von Platten, welche nur stellenweise gegen

5 mm Dicke erreichen, und unter welchen im Gestein ähnliche dünne Platten stecken. Alle diese Bruchstücke wurden angeblich in nächster Nähe der grossen Rückengelenk-Platte gefunden.

Gattung *Dinichthys* Newberry.

Dinichthys Eifeliensis Kayser.

Tafel IV, Figur 4. 5, Tafel V, Figur 1.

Dinichthys Eifeliensis Kayser. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1880, XXXII, S. 817.

Vorkommen: Mittel-Devon von Gerolstein.

Auf beiden Seiten eines Kalkstückes von 16—18 cm grösster Breite und Länge findet sich ein Bruchstück des Unterkiefers und Theile von Knochenplatten, beziehungsweise Abdrücke davon. Die Knochenplatten sind gegen 4 mm dick und jedenfalls über 18 cm breit gewesen, aber nur mit ihren Enden in einer Länge von höchstens 5,5 cm vorhanden. Sie tragen auf ihrer Oberfläche ziemlich tiefe, annähernd parallele Furchen, welche etwa halb so breit wie ihre Zwischenräume und von Mitte zu Mitte gegen 1,3 bis 1,5 mm von einander entfernt sind; vielfach sind die durch Querleisten unterbrochen oder durch Vorsprünge ihrer Ränder eingeeengt, so dass sie Maschen-artig oder als Reihen von Grübchen erscheinen.

Das Bruchstück des Unterkiefers enthält den vordersten Theil des linken Unterkiefers in einer Länge von 15,5 cm und sitzt mit der Aussenseite fest auf dem Gestein, während die Innenseite frei liegt und vielfach noch die Oberfläche wohl erhalten zeigt.

An der Symphyse ist der Kiefer etwas beschädigt und besitzt oben eine Dicke von 25 mm, läuft aber nach unten in eine ziemlich scharfe, wenn auch etwas abgerundete Kante aus und war am unteren Rande wohl etwas ausgebuchtet; an der hinteren Bruchfläche ist der Unterkiefer unterhalb der Mitte gegen 8 mm dick gewesen und verjüngt sich nach oben zuerst schnell auf etwa 4 mm, nach unten zuerst sehr langsam, später etwas schneller. An dem hinteren Bruchrande ist der Kiefer über 9 cm hoch gewesen; 3 cm weiter nach vorn dürfte er einen zahnartigen Vorsprung nach oben getragen haben, da er auf 1,5 cm Länge beträchtlich verdickt ist. Von dieser Stelle senkt sich sein oberer Rand beträchtlich bis zu 4 cm vom vorderen Ende, so dass er dort nur noch gegen 6 cm hoch ist. An seinen oberen Rand gelangt hier aber eine schräg von hinten-unten kommende, allmählich zunehmende Anschwellung oder Verdickung der Innenseite, und auf dieser Verdickung erhebt sich mit kurzer Aufbiegung, nicht scharf begrenzt, ein Zahn von 4 cm Höhe, dessen hinterer Rand annähernd senkrecht gegen den unteren Rand des Unterkiefers gerichtet ist, während der vordere Rand des Zahnes mit dem hinteren nach oben mit mindestens 30 Grad

konvergirt. Die Innenseite des Zahnes ist flach gewölbt und jedenfalls hinten durch eine abgerundete Kante begrenzt, so dass der Querschnitt des Zahnes dreieckig sein dürfte; sein vorderer Rand ist beschädigt.

Dieses Bruchstück würde nun von den Abbildungen von Dinichthys Hertzeri, D. Terrelli etc. Newberry (Geologische Aufnahmen v. Ohio 1874, I. Band, II. Theil, Taf. 30, Geolog. Survey of Ohio Vol. II, Chart. No. V u. VI und Palaeoz. Fishes N. America. Geol. Survey Monogr. XVI, Taf. 10. 53 etc.) sich jedenfalls wesentlich dadurch unterscheiden, dass der Hauptzahn von der Symphyse etwas weiter entfernt und deutlich rückwärts gerichtet ist, und dass der ganze Unterkiefer nach hinten in ganz anderer Weise an Höhe zunimmt. An Grösse hat er den Nordamerikanischen Exemplaren immerhin schwerlich viel nachgegeben, so dass er gegen 0,5 m lang gewesen sein mag.

Ein gewölbttes Bruchstück einer Platte, 7 cm breit und 4,5 cm lang, läuft auf einer Seite zu einer scharfen Schneide zu, trägt aber innen eine dicke, abgerundete Verstärkungsrippe, welche diagonal liegt und am unteren Ende gleichsam eine Sprosse trug. Vielleicht gehört das Bruchstück zum Schultergürtel.

Die von Kayser l. c. erwähnten und D. Eifeliensis benannten Reste wurden mir auf meine Bitte von der Direktion der Kgl. geologischen Landesanstalt, in deren Sammlung Kayser sie niedergelegt hatte, gütigst zum Vergleich zugesendet.

Das Plattenbruchstück ist bis über 8 mm dick, lässt die Skulptur der Oberfläche nicht erkennen und könnte nach Grösse und Wölbung etwa dem vorderen Theile einer hinteren Bauchplatte angehören, wie sie Newberry (Chart. No. VI, fig. C¹) abbildete. Bei dem von Kayser als Theil eines Kiefers gedeuteten Bruchstück sitzt der Zahn-artige Höcker ebenfalls auf einer recht starken, anscheinend nach der Innenseite vorspringenden Verdickung, ist sehr merklich nach einer Seite, vermuthlich rückwärts gerichtet und würde somit dem linken Unterkiefer oder dem rechten Oberkiefer angehören müssen. Das erstere halte ich nicht für wahrscheinlich, da der Zahnhöcker von beiden Enden des Bruchstückes je ca. 5 cm entfernt ist, und dessen vordere Innenfläche recht tief eingesenkt ist, also in keiner Weise an das hintere Ende des oben beschriebenen und abgebildeten Bruchstückes des linken Unterkiefers passt, bei welchem der Zahn gegen 13 cm von dem hinteren Ende entfernt ist, so dass die beiden Zähne über 25 cm von einander entfernt sein müssten. Ebenso fraglich ist es aber auch, ob das Bruchstück einem Oberkiefer angehört, zumal da der vor und hinter dem Höcker liegende Rand des Bruchstückes breit abgerundet ist. Jedenfalls hat auch der von Newberry (pl. 34, fig. 1 u. 2) abgebildete „obere Schulterknochen“ einige Aehnlichkeit mit dem fraglichen, fig. 4 verkleinert abgebildeten Bruchstück.

Aus der Winter'schen Sammlung hat das Göttinger Museum auch das Taf. V, fig. 1 a. b abgebildete Exemplar von Gerolstein erhalten, welches ich füglich nicht wagen möchte, einer bestimmten Art oder auch nur Gattung zuzutheilen, obwohl es verhältnissmässig gut erhalten ist, da es die Oberflächen-Skulptur grossentheils gut erkennen lässt, und nur ein kleiner Theil der Spitze der Platte zu fehlen scheint. Wenn es nicht aus Knochensubstanz bestände, könnte man es

allenfalls für die rechte Klappe einer Avicula halten, welche durch Verdrückung auf der oberen Hälfte ihrer hinteren Seite eine sehr starke Wölbung erhalten hätte, so dass der Wirbel sehr spitz erscheint, und der zwischen dem Haupttheil und dem hinteren Flügel liegende Theil der Schale stärker hervortritt; derselbe erscheint glatt wohl nur in Folge von Abnutzung.

Die davor(?) liegende Hälfte der Knochenplatte trägt ziemlich scharfe, durch rundliche Furchen von einander getrennte Kiele, welche von Mitte zu Mitte meistens gegen 1,5 mm entfernt sind und rundliche, ca. 0,5 mm dicke und etwa ebenso weit von einander entfernte Knötchen tragen. Nach vorn(?) vereinigen sich wiederholt je 2 Kiele, so dass ihr Abstand von einander ziemlich derselbe bleibt, wenn sie auch etwas unregelmässiger werden. Eine ähnliche Skulptur scheint auch über der starken, Wirbel-ähnlichen Wölbung vorhanden gewesen zu sein.

Die Knochenplatte ist an der beschädigten Spitze etwa 5 mm dick gewesen, im Uebrigen ist sie schwerlich dicker, und ihr Rand scheint überall ziemlich dünn zu sein.

Dinichthys sp.?

Es sei hier wenigstens erwähnt, dass ich in dem schwarzen Goniatitenkalk von Wildungen ein 5 cm langes Bruchstück einer flach gewölbten, etwa 1,3 mm dicken Platte gesammelt habe, an welcher sich ein 5 cm langer, schwach gekrümmter Fortsatz befindet, so dass das Ganze einige Aehnlichkeit mit dem hinteren Ende der linken hinteren Bauchplatte von *Dinichthys* besitzt. Bis zu 9 cm lange Bruchstücke ähnlicher dünner, flach gewölbter Platten liegen auf demselben Kalkstück, sowie auch ein 9 cm langes und bis zu 4 cm breites Stück, welches der linken Hälfte des Bauchschildes von *Dinichthys* angehören könnte. Es enthält fast die Hälfte der rhombischen Centralplatte, welche anscheinend stielartig nach vorn verlängert ist, und von der seitlichen Ecke derselben verläuft eine Naht gerade nach dem etwas umgebogenen Rande des Stückes. Auf einzelnen Platten ist eine feine Skulptur zu erkennen, welche aus eingestochenen Grübchen und flachen, meist noch nicht 1 mm langen Furchen besteht.

Falls diese Stücke wirklich einem *Dinichthys* angehören, so würde dies jedenfalls eine sehr kleine Form sein, deren Panzer bei 6 bis 7 cm Breite wenig über 16 cm lang gewesen sein dürfte, so dass sie den Namen *D. minor* verdienen dürfte.

Gattung Anomalichthys v. Koenen.

Anomalichthys scaber v. Koenen.

Tafel V, Figur 2.

Anomalichthys scaber v. Koenen. Placodermen S. 38, Taf. III, fig. 2. 2a.

? *Asterolepis Bohemicus* Barr. Syst. Silur. Bohême I. Suppl., S. 637, Taf. 29, fig. 9—13.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon: Martenberg bei Adorf, Braunau bei Wildungen.

Ausser dem l. c. beschriebenen und abgebildeten Exemplare von Adorf liegt mir jetzt ein wesentlich grösseres und umfangreicheres aus den schwarzen Goniatitenkalken von Wildungen vor, welches sich in der Marburger Sammlung befindet. Dasselbe wird durch ein Gesteinsstück ergänzt, welches den grössten Theil des äusseren Abdruckes enthält und von diesem auf einer Seite noch bis zu 2 cm über den Rand der Hauptplatte hinaus, so dass sich Gestalt und auch Skulptur etc. eines von Bruchflächen begrenzten, trapezförmigen Stückes von 17 bis 22 cm Länge und 18 cm Breite erkennen lassen.

Leider ist die Oberfläche theils angewittert, theils auch an der Gegenplatte haften geblieben, so dass die Schmelzhöcker nur an wenigen Stellen in ganzer Höhe erhalten sind, und die Nähte nur zum Theil deutlich hervortreten, von den Oberflächenfurchen (Seitenlinien) sich aber nicht sicher unterscheiden lassen.

An dem einen Rande, den ich aus später zu erwähnenden Gründen als hinteren Rand ansehe und bezeichne, beträgt die Dicke der Platte bis zu 5 cm, nimmt aber nach beiden Seiten, sowie nach vorn bis auf wenig mehr als 1 cm ab, doch nicht gleichmässig, und vor dem hinteren Rande befindet sich auf der Innenseite eine mit Gestein erfüllte Vertiefung, welches sich leider von der Knochenmasse nicht ablösen lässt. Nach Allem, was ich sonst bei *Coccosteus*, *Aspidichthys* etc. gesehen habe, bin ich aber geneigt anzunehmen, dass diese starke, ungleichmässige Verdickung der Knochenmasse durch die Nähe eines Gelenkes bedingt ist und zwar vermuthlich des Gelenkes zwischen Kopf und Rücken. Da ferner das Stück aus einer grösseren Zahl von Platten besteht, so haben wir es wohl mit dem hinteren Theile des Kopfes zu thun. Nach der ganzen Gestalt und Skulptur halte ich es für möglich, dass wir es mit einem wesentlich vollständigeren Bruchstück von *Anomalichthys scaber* zu thun haben, als mit dem l. c. von mir beschriebenen und abgebildeten, und zwar rührt es von einem etwas grösseren Exemplare her, als dieses. Freilich sind, wie gesagt, die Nähte nicht sämmtlich mit Sicherheit zu erkennen, und es ist dadurch vielleicht zu erklären, dass eine volle Uebereinstimmung darin nicht zu finden ist. Symmetrische Platten oder Nähte sind ebenso wenig vorhanden, als auf jenem, und da die Platten von links nach rechts übergreifen, so ist es, wie schon früher (l. c.) ausgeführt, wohl ein Theil der rechten Kopfseite, welcher weder bis an die Mittellinie des Kopfes,

noch an seinen äusseren Rand, noch bis an die Augenhöhle reicht. Die Gesamtbreite des Kopfes muss daher über 50 cm betragen haben und seine Länge vermuthlich noch viel mehr.

Das Bruchstück von Adorf würde dann im Wesentlichen der rechten Hälfte des Stückes von Wildungen entsprechen. Bei diesem hat die Oberfläche auf dem rechten Drittel eine nicht unbedeutende Einsenkung, welche hinten um ca. 30 Grad gegen das hier ganz flach gewölbte mittlere Drittel geneigt ist, vorn sich dagegen umbiegt und zuletzt verflacht, so dass sie dort fast in derselben Ebene liegt, wie das mittlere Drittel hinten. Dieses geht nach links in eine deutliche, wenn auch flache Wölbung über, nach vorn dagegen in eine breite Einsenkung, welche nach rechts durch eine kurze, starke Wölbung begrenzt wird, nach links durch eine ganz flache.

Die hintere Hälfte des Stückes scheint auf der linken Seite kleinere Schmelzhöcker besessen zu haben, rechts und vorn dagegen grössere, welche meistens gegen 2 mm Durchmesser haben und etwa 1 bis 1,5 mm, rechts vorn aber bis zu 3 mm von einander entfernt sind, öfters auch zu zwei oder mehreren mit einander verbunden; in der Regel sind sie in Reihen angeordnet, welche sich rechtwinklig oder unter ca. 60 Grad kreuzen.

Auffällig und von anderen Placodermen abweichend ist die Theilung eines grossen Theiles unseres Exemplares in verhältnissmässig zahlreiche, geradlinig begrenzte, aber ganz unregelmässig gestaltete Platten, von welchen die hinteren über die vorderen und, mindestens theilweise, die links gelegenen weit über die rechts daneben liegenden schuppenartig überzugreifen scheinen. Besonders deutlich ist dies an der Naht zu erkennen, welche von rechts hinten schräg über die Mitte nach links vorn verläuft, weniger gut an den Zickzacknähten auf dem hinteren Theile des Stückes, nicht sicher bei der Naht, welche ein wenig rechts von der Mittellinie von vorn nach hinten verläuft, und an der engen Furche, welche sich von ihr dicht hinter dem vordersten Viertel in einem spitzen Winkel nach links abzweigt und dem linken Rande des früher von mir beschriebenen und abgebildeten Stückes vom Martenberg bei Adorf entsprechen dürfte.

Unter den beiden tiefen Furchen, welche sich nahe dem linken Rande vorn rechtwinklig treffen, sind Nähte auch nicht mit Sicherheit zu erkennen.

Wenn nun anders *Anomalichthys* im Bau des Kopfes irgend welche Analogie mit *Coccosteus* besitzt, so würde diese etwa in der Weise zu finden sein, dass der rechte Rand des Stückes nahe der Mittellinie des Kopfes zu denken wäre, die schuppenförmigen Platten auf dem hinteren Drittel der rechten Seite als Theile des Occipitale, das vor ihnen liegende grosse, anscheinend einheitliche Stück als linkes Centrale, während die unregelmässigen, zahlreichen Platten der linken Hälfte des Stückes den linken Seitenplatten entsprechen könnten, welche noch durch Seitenlinien getheilt erscheinen.

Vielleicht gehören zu derselben Gattung und Art eine Anzahl zum Theil recht grosser, aber verdrückter und zerbrochener Platten, welche in und auf einem Kalkblock von Braunau bei Wildungen aus der Marburger Sammlung liegen

und eine ähnliche Skulptur besessen zu haben scheinen. Da sie aber weder Nähte noch Seitenlinien beziehungsweise Plattengrenzen genügend erkennen lassen, habe ich auf eine Deutung verzichten müssen.

Bei Besprechung der Barrande'schen *Coccosteus*-Arten habe ich schon darauf hingewiesen, dass sein *Asterolepis Bohemicus* jedenfalls nicht zu *Asterolepis* oder *Pterichthys* gehört, sondern weit eher zu *Anomalichthys*; ob es dieselbe Art ist, wie *A. scaber*, muss ich natürlich dahingestellt sein lassen.

Schliesslich möchte ich wenigstens erwähnen, dass *Asteroplax scabra* Woodward (Ann. Magaz. of Natural History Ser. 6, Vol. VIII, 1891, S. 11, Taf. III) aus dem devonischen Eisenstein Spitzbergens in der Gestalt und Grösse der einzelnen Platten und in dem geraden Verlauf der Nähte recht viel Analogie mit *Anomalichthys* zeigt, und dasselbe ist auch mit der Skulptur der Beschreibung nach noch mehr der Fall, als nach der Abbildung, da sie beschrieben wird als „rauhe, rundliche Höcker, mehr oder minder verbunden zu ausstrahlenden und zum Theil gegitterten Leisten (ridges)“.

Gattung *Platyaspis* v. Koenen.

Platyaspis tenuis v. Koenen.

Tafel IV, Figur 1 a. b.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon: Grube Lahnstein bei Weilburg.

Die Aachener Sammlung besitzt aus den schwarzen Kalken über dem Eisenstein von der Grube Lahnstein bei Weilburg ein bis zu 17 cm Breite und bis zu 18 cm Länge erhaltenes Knochenschild, welches jedoch ringsum nur von Bruchflächen begrenzt und grossentheils stark angewittert ist, so dass Nähte und namentlich auch die Skulptur nur stellenweise zu erkennen sind. Es ist aber augenscheinlich ein medianes Stück, da die Nähte und Furchen symmetrisch liegen, und die Wölbung ziemlich gleichmässig ist, obwohl das Stück doch etwas gedrückt sein dürfte.

Die Wölbung ist ziemlich flach, an den beiden Seiten zuletzt etwas stärker, und am deutlichsten auf beiden Seiten des hinteren Randes des Stückes, von welchem wohl nur ein schmaler Streifen fehlt.

Auf dem hinteren Theile des Schildes in etwa 65 mm Länge sind Nähte und Furchen nicht zu erkennen, dann aber 2 tiefe, symmetrische, 93 mm von einander entfernte Querfurchen, welche, jede nach der betreffenden Seite zu, etwas nach vorn gerichtet sind und nicht mit einer Naht in Verbindung stehen; von ihren inneren Enden läuft je eine ganz ähnliche zuerst gerade nach vorn, biegt sich aber immer mehr nach aussen. Diese sind auf ca. 6 cm Länge erhalten und an ihrem vorderen Ende fast 12 cm von einander entfernt. Nur ca. 4 mm von einer jeden entfernt liegt dort nach aussen je eine zweite, schwächere Furche, welche sich etwas schneller nach hinten und dann nach aussen umbiegt, so dass sie von

den Ecken der ersten Furchen 32 mm entfernt bleibt und sich nahe dem Rande den Querfurchen nur bis auf 17 mm nähert.

In der Mittellinie wird ferner eine Furche oder Naht sichtbar, welche 10 cm vom hinteren Rande sich in 2 Furchen spaltet; diese divergieren nach vorn mit fast 90 Grad, scheinen aber schon 16 mm weiter anzufangen, sich nach vorn zu biegen, doch fehlen hier grössere Theile der Knochenplatte. Nahe dem vorderen Rande dürften sie etwas über 3 cm von einander entfernt und durch eine rückwärts geknickte Furche verbunden sein, um sich dann mit ca. 45 Grad gegen die Mittellinie nach aussen zu richten.

Die Skulptur ist an mehreren kleinen Stellen noch erhalten und besteht aus tiefen, etwa 0,2 bis 0,3 mm breiten Grübchen, welche scharf begrenzt und mehr oder minder deutlich in Längsreihen angeordnet sind und oft zu 2 oder mehreren miteinander zusammenhängen. An einer Stelle entwickeln sich daraus tiefe, mehr oder minder lange, parallele Furchen, während an anderen die Grübchen wenig regelmässig angeordnet sind.

Die Dicke der Knochenplatten scheint überall ziemlich gleichmässig gegen 3 mm zu betragen, doch liegt links hinten darunter, meist durch etwas Gestein davon getrennt, eine zweite Platte, welche am hinteren Rande des Stückes nach innen eine starke Verdickung besitzt, nach rechts und vorn zu aber noch nicht 1 mm dick ist. Ihre Unterseite liegt grossentheils frei und erscheint fein gestreift. Wo sie ausgebrochen ist, zeigt ihr Abdruck eine ähnliche, aber gröbere Skulptur, als die der oberen Platte.

Die Skulptur hat wohl einige Aehnlichkeit mit der, welche Agassiz (Poissons foss. du vieux grès rouge Taf. 31a, fig. 18) für ein Stück seines Chelyophorus Verneuilli abbildet, nicht aber mit der seiner übrigen Stücke. Durch die geringe Dicke des Knochenschildes und zum Theil auch durch die Skulptur scheint sich das Stück aber noch zunächst an Dinichthys Newb. anzuschliessen, doch liegt ein direkter Grund, es zu dieser Gattung zu stellen, nicht vor, und betreffs seiner systematischen Stellung wage ich nicht, eine bestimmte Ansicht auszusprechen.

Gattung Macropetalichthys Norwood und Owen.

Macropetalichthys Agassizi H. v. Meyer sp.

Tafel IV, Figur 3 a. b.

Macropetalichthys Agassizi H. v. M. Newberry in Palaeontologie v. Ohio II, S. 288.

Placothorax Agassizi H. v. Meyer. Palaeontographica I, S. 102, Taf. XII.

Physichthys Hoeninghausi H. v. Meyer. Palaeontographica IV, S. 80, Taf. XV, fig. 1—5.

Vorkommen: Mittel-Devon von Gerolstein.

Ein Exemplar aus der Winter'schen Sammlung ist ein wenig kleiner, als der ursprünglich von H. v. Meyer l. c. beschriebene und abgebildete Steinkern seines

Placothorax Agassizi, enthält aber noch Theile der Knochenplatten und ist am Hinterhaupt wesentlich vollständiger, als jenes, und auch als die amerikanischen, von Newberry beschriebenen und abgebildeten Exemplare von M. Sullivanti, so dass unsere Kenntniss der Gattung Macropetalichthys dadurch in etwas erweitert und zugleich der volle Beweis geliefert wird, dass Placothorax Agassizi und Physichthys Hoeninghausi derselben Art angehören.

Die Hinterhauptplatte (Supraoccipitale) ist 47 mm lang und 37 mm breit; ihre vordere Spitze ist von der linken, allein noch genügend erhaltenen Augenhöhle 25 mm entfernt; diese ist gegen 12 mm lang und 10 mm hoch gewesen und von der Mittellinie etwa 18 mm entfernt, also etwas weiter, als bei H. v. Meyer's Original. In der Gestalt sind ganz ähnlich, wie bei diesem, das Supraoccipitale, der hintere Theil des Ethmoidale und die Frontalia, von welchen das linke grösstentheils erhalten, aber doch auch am äusseren Rande, sowie vorn nach der Mitte zu beschädigt und nicht einmal im Abdruck vollständig vorhanden ist.

Auf beiden Seiten des Supraoccipitale liegen aber zunächst je 2 hinten spitz auslaufende, dreieckige, durch Nähte verbundene Platten, welche dem Parietale und Squamosum Newberry's entsprechen (siehe dessen schematische Abbildung l. c. S. 292) und in ihrer Mitte über 2 mm Dicke erreichen, während die übrigen Platten anscheinend nur etwa 1 mm dick sind. An der Aussenseite der Squamosa sind endlich noch Theile der Epiotica erhalten.

Das Supraoccipitale ist verhältnissmässig weit breiter, und die Naht, welche das Parietale und das Squamosum von vorn begrenzt, ist jedenfalls weit schräger nach vorn gerichtet, als bei M. Sullivanti.

Das Supraoccipitale endigt aber hinten nicht, wie die erste Abbildung von H. v. Meyer und die von Newberry dies zeigen, mit einem einfachen Rande, sondern fällt, ähnlich wie bei der Abbildung von Physichthys Hoeninghausi, hinten auf dem vorliegenden Steinkern an einer stumpfen, ein wenig abgerundeten Kante unter einem Winkel von durchschnittlich etwa 120 Grad ab, in der Mittellinie auf eine Länge von 18 mm. Ueber dieser Kante hat das Supraoccipitale eine stumpfe Mittelkante von ca. 150 Grad, so dass die nahezu 15 mm langen oberen Ränder des hinteren Abfalles einen Winkel von ca. 140 Grad bilden und mit zwei unten auf dem Abfall liegenden stumpfen Kanten von je 18 mm Länge ein symmetrisches Viereck begrenzen.

Auf dieser Fläche ist der Steinkern in der Mitte ein klein wenig eingesenkt, nach beiden Seiten ein wenig gewölbt, und darunter folgt auf beiden Seiten eine dreieckige, gleichschenklige, tief eingesenkte Fläche, deren Spitze von der Basis etwa 7 mm entfernt und nach unten-aussen gerichtet ist; sie entspricht zwei schrägen, starken, inneren Verdickungen des Occipitale an seinen unteren Rändern. Auf dem hinteren Abfall des Occipitale sind, von seiner Mittellinie je 2—3 mm entfernt, zwei dünne Knochenleisten im Querschnitt sichtbar, welche augenscheinlich in die Schädelhöhle hineinragten, oben etwas divergiren und noch etwa 5 mm über die obere Kante des Abfalles hinausreichen. Von H. v. Meyer wurden diese Leisten anscheinend übersehen, und Newberry's Abbildung (Taf. 38, f. 1) der

Innenseite des Schädels zeigt nichts derartiges, während sich auf dem Steinkern der folgenden Art an gleicher Stelle tiefe Einschnitte finden. Auf beiden Seiten des Abfalles sind endlich im Abdruck noch Reste von Knochenplatten zu erkennen, mit dem Abfall selbst durch Nähte verbunden, welche Fortsetzungen der Nähte zwischen den Parietalien und dem Occipitale sind.

Poren-Reihen werden auf den Nähten stets nur an solchen Stellen sichtbar, wo die Knochenplatten angewittert oder abgerieben, beziehungsweise ihrer Oberfläche beraubt sind. Wo diese erhalten ist, auf beiden Seiten des Hinterhauptes, unterhalb des linken Auges und auf einem Theile des Ethmoidale, trägt sie zum Theil ziemlich gedrängte Schmelzhöcker, welche von Mitte zu Mitte etwa 1 mm bis 1,2 mm von einander entfernt sind; in ihren Zwischenräumen werden Grübchen begrenzt durch verhältnissmässig breite, flache, rundliche, in radialen Richtungen verlaufende Leisten.

Wo die oberste Schicht der Platten fehlt, wird eine ebenfalls schmelzartige Lage sichtbar mit zahlreichen tiefen Löchern, welche vielfach seitlich mit einander verbunden sind und öfters fast Mäander-artige Linien bilden.

Auf der Unterseite ist von Knochentheilen, wie sie H. v. Meyer l. c. von seinem *Physichthys Hoeninghausi* abbildet, nichts erhalten.

Die Originale H. von Meyer's befinden sich jetzt, wie A. Smith Woodward mittheilt, in dem Museum of Comparative Zoology in Cambridge (Massachusetts).

Newberry und Zittel stellten die Gattung *Macropetalichthys* zu den *Spatulariden*, doch besitzt sie im Bau des Schädeldaches mit manchen *Placodermen*, namentlich mit *Homosteus*, recht grosse Analogie.

Macropetalichthys Prümiensis Kayser.

Tafel V, Figur 3.

Macropetalichthys Prümiensis Kayser. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. XXXII, 1880, S. 678.

Vorkommen: Oberstes Unter-Devon: Prüm (Eifel).

Das von Kayser kurz beschriebene und benannte Exemplar besteht aus dem äusseren und inneren Abdruck des grössten Theiles des Schädeldaches und befindet sich in der Sammlung der Geologischen Landesanstalt zu Berlin. Der äussere Abdruck hat dem inneren seine Skulptur gleichsam aufgeprägt, doch hat dieselbe hierdurch an Schärfe wohl nicht unerheblich verloren, auch mag sie von dem nur mässig feinkörnigen Sandstein auch ursprünglich nur unvollkommen von dem Schädeldach aufgenommen worden sein.

Es fehlt die Hälfte der rechten Seite, das vorderste Ende und die hintere Wand des Schädeldaches, und das Exemplar ist immerhin ein wenig verdrückt gewesen; die Länge beträgt 101 mm und die Breite hat gegen 65 mm betragen. Das mittlere Occipitale ist 50 mm lang und etwa 30 mm breit, hat an beiden

Seiten flache Einsenkungen und in der Mitte vorn eine stärkere Wölbung, welche nach hinten in eine ganz abgerundete Kante und auf dem hintersten Drittel in eine scharf begrenzte, 6 mm breite, über 2 mm hohe, oben abgerundete Erhöhung übergeht. In Folge dessen ist die Schädeldecke, welche durchschnittlich mässig gewölbt ist, an den Seiten hinten nur ganz flach gewölbt, nach vorn stärker, und eine stärkere Wölbung bildet sich namentlich nach den Augenhöhlen zu aus, während in der Mitte dafür eine flache Einsenkung erscheint.

Das Ethmoideum ist gegen 55 mm lang und vorn nur 18 mm breit, und seine Seitenränder treffen sich hinten unter einem Winkel von 20 Grad; augenscheinlich wurden sie von Doppelnähten begrenzt, ebenso wie das Occipitale und das Frontale wenigstens hinten.

Die Augenhöhlen sind je 15 mm lang und 10 mm breit und 28 mm von einander entfernt. Das Parietale, Squamosum und Epioticum (nach Newberry's Deutung) sind auf der linken Seite erhalten, aber wenig deutlich von einander getrennt. Der Steinkern zeigt am hinteren Rande des Occipitale zwei breite, tiefe Einschnitte, welche von zwei nach innen vorspringenden Leisten herrühren, nach vorn schmal werden, etwas divergiren, dann der Naht zwischen Squamosum und Epioticum etwa bis zur Mitte ihrer Länge folgen und sich dann unter einem Winkel von ca. 120 Grad nach vorn wenden, um 10 mm weiterhin zu verschwinden.

Das Frontale ist 28 mm breit und anscheinend nicht in der Weise von dem Praefrontale durch eine Quernaht getrennt, wie sie Newberry (Palaeozoic Fishes of N. America S. 43) abbildete. Dagegen scheint das 12 mm breite Postorbitale durch eine Schuppennaht in zwei Theile getheilt zu sein.

Die Skulptur besteht aus Höcker tragenden Rippen, welche den Plattenrändern annähernd parallel laufen und etwa 1 mm bis 1,3 mm von Mitte zu Mitte von einander entfernt sind, besonders in der Nähe der Ecke zwischen dem Occipitale, Frontale und Parietale sich aber vielfach spalten oder vereinigen und mannigfaltige Krümmungen zeigen. Die Höcker sind nur theilweise im Abdruck zu erkennen und scheinen von Mitte zu Mitte etwa 1 mm bis 1,5 mm von einander entfernt gewesen zu sein.

Durch die geringere Breite des Occipitale und des Ethmoideum, sowie durch die ganze Gestalt und Skulptur unterscheidet sich *M. Prumiensis* jedenfalls recht bedeutend sowohl von *M. Agassizi*, als auch von *M. Sullivanti* Newb.

Es sei hier nur erwähnt, dass Newberry (l. c. S. 44) irrthümlich angiebt, dass ich unsere Art in devonischen Schichten bei Göttingen gefunden hätte.

Gattung *Holopetalichthys* v. Koenen.

Holopetalichthys *Novaki* v. Koenen.

Tafel IV, Figur 2 a. b.

Vorkommen: Unter-Devon: F-Kalk bei Konieprus bei Beraun.

Das abgebildete Exemplar ist das einzige, mir bekannte seiner Art, gehört dem geologischen Museum der Prager Universität und wurde mir von Herrn Pro-

fessor Novak kurz vor seinem frühzeitigen Dahinscheiden zur Beschreibung übersendet. Es ist augenscheinlich der Steinkern des grössten Theiles des Schädeldaches, welches bei 27,5 mm grösster Breite eine Länge von 43 mm hat, und dessen Querschnitt annähernd einen Kreisbogen von ca. 108 Grad beschreibt. Die rechte Seite scheint durch Nähte begrenzt zu sein, indem hier die seitlichen Kopfplatten und das Infraorbitale (Maxillare) fehlen, auf der linken Seite fehlen auch Theile des Randes des Schädeldaches selbst.

In der Mitte läuft das Kopfschild hinten in eine ziemlich scharfe Spitze aus, an beiden Seiten in abgerundete Ecken, welche je ca. 2 mm weiter nach hinten verlängert sind, als die mittlere Spitze, und von dieser durch je eine Einbuchtung des hinteren Randes getrennt werden, die annähernd einem Sechstel-Kreis entspricht. Da eine enge, tiefe Rinne an dem hinteren Rande verläuft, so ist das Kopfschild hier mit einer nach innen vorspringenden Leiste versehen gewesen. Von den seitlichen Ecken des hinteren Randes verläuft der Seitenrand auf ca. 27 mm Länge im Ganzen ziemlich gerade nach vorn, doch mit einer schwachen Einbuchtung auf den hintersten 10 mm, welche auch von einer nach innen vorspringenden Leiste begleitet wird, und auf den vordersten 2 mm mit einer geringen Aufbiegung, an deren Anfang eine tiefe Rinne (der Abdruck einer nach innen vorspringenden Leiste) nach oben, schwach nach vorn gerichtet, auf 7 mm Länge verläuft, indem sie nach oben breiter wird und zuletzt bei starker Vorbiegung und Verbreiterung sich ganz verflacht.

Die vordere Hälfte der Seitenränder des Schädeldaches zieht sich mit ca. 10 Grad gegen die hintere in die Höhe, beginnt aber mit einer 8 mm langen, fast halbkreisförmigen Aufbiegung, welche ohne Zweifel den oberen Rand der Augenhöhle bildete und fast bis an die Rückenfläche sich erhebt, deren Wölbung hier merklich schwächer ist. Vom vorderen Ende dieser Augenhöhlen läuft der Seitenrand des Stückes 12 mm in gerader Linie nach vorn bis zu einer abgerundeten Ecke, deren Aussenseiten 12 mm von einander entfernt sind. Zwischen beiden in der Mitte liegt eine vordere, ziemlich stumpfe Spitze, welche von ihnen durch je eine fast halbkreisförmige Einbuchtung des Randes getrennt wird.

Von den Aussenseiten dieses Vorderrandes des Kopfschildes laufen je 2 tiefe, enge, je 1 mm von einander entfernte Rinnen (nach innen vorspringende, dünne Leisten) nach hinten, zuerst schwach, später stärker konvergierend, so dass sie sich 22 resp. 23 mm vom vorderen Rande unter einem Winkel von ca. 70 Grad treffen und eine vordere Mittelplatte des Schädeldaches begrenzen, auf welcher, 15 mm von vorn entfernt, ein ziemlich tiefer, 1 mm breiter Eindruck (Verdickung nach innen) liegt. Derselbe biegt sich nach beiden Seiten recht stark vor und verflacht sich zugleich, so dass sein hinterer Rand einen Bogen von mehr als 120 Grad beschreibt mit einer Sehne von ca. 7 mm Länge. Dicht vor dieser Vertiefung liegt eine kleine Erhöhung des Steinkernes in Form eines niedrigen, abgestumpften Kegels, welcher einen kleinen Vorsprung nach vorn und oben von reichlich 1 mm Durchmesser hat, so dass die Platte hier verdünnt oder gar durchbrochen war, vermuthlich entsprechend der Lage des Parietal-Organes.

Von der hinteren Spitze der vorderen Mittelplatte laufen zwei flache Einsenkungen, mit 55 Grad divergirend, symmetrisch nach hinten, gehen 8 mm weiter hinten in tiefe Furchen über und biegen sich 2 mm weiter allmählich nach der betreffenden Seite um, so dass sie dann eine jede einen Viertelkreis von fast 9 mm Radius beschreiben und den Seitenrand des Kopfschildes 12 mm vor seinem hinteren Ende erreichen. Auf den äusseren, ca. 8 mm langen Theilen spalten diese Furchen sich in je 2 ganz enge, knapp 1 mm von einander entfernte, tiefe Rinnen, und in der Tangente der hinteren Rinnen verläuft je eine flache, wenig deutliche Einsenkung nach der hinteren Spitze des Kopfschildes, gleichfalls als Tangente der neben dieser liegenden hinteren Einbuchtung. Falls diese Einsenkungen Plattengrenzen sind, würde hierdurch eine deltoidförmige Occipitalplatte abgegrenzt werden; in der Mittellinie derselben liegt 8 mm von der hinteren Ecke eine rundliche Einsenkung, welche fast 2 mm Durchmesser hat.

Ueber den Augenhöhlen liegt, fast Augenlid-artig, eine Anschwellung und darüber eine enge, tiefe Rinne, welche sehr schräg unter den oberen Theil des Schädeldaches untergreift und von dem hintersten Ende der Augenhöhlen nur etwa 1 mm entfernt ist, dann aber in weiterem Bogen mehr nach oben verläuft und von der Augenhöhle bei Anfang ihres vorderen Drittels etwa 3 mm entfernt ist, sich ihr aber in kürzerem Bogen dann wieder nähert, bis zu ihrem vorderen Ende bis auf 1 mm.

Auf dem Steinkern finden sich zahlreiche Eindrücke und kleine, gleichsam eingestochene, tiefe Löcher, diese hauptsächlich auf den hintersten Platten; nicht selten sind die Löcher durch unregelmässig gekrümmte Furchen verbunden, doch sind solche, bald ganz flach, bald tiefer, auch da vorhanden, wo Löcher fehlen oder doch seltener sind, besonders zahlreich auf der vordersten Kopfplatte und zunächst hinter derselben.

In der Gestalt ist das Schädeldach nun den *Coccosteus*- oder *Brachydeirus*-Arten nicht unähnlich, wenn auch die Augenhöhlen etwas weiter nach hinten liegen, und es ist daher ganz wahrscheinlich, dass ähnliche *Infraorbitalia* (*maxillaria*) die Augenhöhlen von unten begrenzt haben, wie bei *Coccosteus inflatus* etc., und vielleicht war auch ein Rückenschild vorhanden, welches mit dem Kopfschilde an den Seitenecken des hinteren Randes durch Gelenke verbunden gewesen sein könnte.

Die Anordnung und Zahl der Kopfplatten ist aber gänzlich verschieden von der der Gattung *Coccosteus*, so dass das Exemplar von *Konieprus* jedenfalls einer anderen Gattung zugerechnet werden muss.

In der Anordnung und geringen Zahl der Platten zeigt andererseits das Stück einige Aehnlichkeit mit *Macropetalichthys*, doch ist diese Aehnlichkeit viel zu gering, als dass es füglich zu dieser Gattung gerechnet werden könnte, und ich sehe mich daher genöthigt, eine neue Gattung dafür aufzustellen, so unvollständig ich sie auch vorläufig charakterisiren kann.

Gattung *Holoptychius* Agassiz.*Holoptychius Kayseri* v. Koenen.

Tafel II, Figur 1.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon bei Müllenborn bei Gerolstein.

In den kalkigen Schiefern des unteren Oberdevon fand ich in einem kleinen Steinbruch südwestlich von dem Bahnhofe Müllenborn ausser ein paar wohl erhaltenen Schuppen eine Anzahl etwas verdrückter, aus ihrem Zusammenhange gelöster Kopfknochen.

Die Schuppen haben bis über 13 mm Durchmesser und sind abgerundet-viereckig, doch mit einer Einbuchtung an der vorderen Seite. An dieser liegt ein schmaler, mit gewölbten Knötchen bedeckter Streifen, welcher an der einen, etwas längeren Seite spitz ausläuft; an der anderen gegen 2,5 mm breit wird. Die Knötchen sind meist länglich, oft auf einer Seite spitz und mit ihrer längeren Axe steil gegen den Vorderrand der Schuppe gerichtet; wo der Streifen jedoch breiter wird, sind auf seiner hinteren Hälfte die Knötchen quergestellt.

Der Rest der Schuppe ist mit erhabenen, gewölbten Rippen bedeckt, welche durchschnittlich 0,2 mm breit und nur etwa 1 mm lang sind, ausnahmsweise aber auch 2 oder selbst 3 mm lang und, meist etwas gekrümmt, gewöhnlich zwischen den Enden zweier anderer Rippen aufhören. Vorn und an der längeren Seite sind sie ziemlich gedrängt, erhalten aber nach hinten und der anderen Seite zu allmählich breitere, zuletzt oft doppelt so breite Zwischenräume. Dahinter folgt anscheinend noch eine glatte Fläche, doch ist dies nicht mit Sicherheit zu erkennen.

Die Skulptur der Kopfknochen besteht meist aus langen, zuweilen sich spaltenden, abgeplatteten Streifen, welche durch schmale Furchen getrennt werden und durchschnittlich etwa 0,3 mm breit sind; an einzelnen Stellen werden die Streifen aber auch kürzer und unregelmässiger und gleichen dann einigermaßen denen auf den Schuppen. Einige zertrümmerte Platten, die vielleicht als Schuppen anzusehen sind, sind aber ganz mit Knötchen bedeckt, wie solche oben von dem vorderen Rande der Schuppen beschrieben wurden.

Die beiden symmetrischen Knochen auf der Abbildung rechts unten sind wohl als Clavicula anzusehen, und die darüber liegenden dürften zum hinteren Theile des Kopfes gehören, doch enthalte ich mich einer specielleren Deutung derselben, da mir hierzu genügende Anhaltspunkte fehlen.

Die Skulptur der Schuppen scheint einige Aehnlichkeit mit der mancher *Holoptychius*-Arten, wie *H. Flemingi* Agass. (Poiss. foss. du vieux grès rouge Taf. 22, fig. 1) zu haben, unterscheidet sich aber von dieser Art sowohl, als auch von den übrigen, namentlich auch von denen des belgischen Devons, welche Lohest (Ann. Soc. Geol. de Belg. XV, 1888, S. 112, Taf. I—XI) beschrieb und abbildete, so bedeutend, dass es fraglich erscheint, ob unser Exemplar noch zu *Holoptychius* gerechnet werden kann. Zu dieser Gattung stelle ich es jedoch

immerhin, da ich es vermeiden möchte, lediglich auf die Skulptur der Schuppen hin eine neue Gattung aufzustellen.

Gattung Glyptolepis Agassiz.

Glyptolepis Traquairi v. Koenen.

Tafel II, Figur 4 a. b. c.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon: Braunau bei Wildungen.

In einer Geode der schwarzen Goniatitenkalke fand ich bei Braunau einen verdrückten Kopf von ca. 65 mm Länge und hinter demselben im Gestein liegend eine grosse Anzahl allerdings grossentheils ungenügend erhaltener, mehr oder minder rundlicher Schuppen von ca. 4 mm Durchmesser. Diese lassen auf ihrer etwas kleineren vorderen Hälfte sowie auf ihrer Unterseite flache, dem Rande parallele Falten erkennen, auf der hinteren Hälfte dagegen sehr feine, kaum 0,05 mm breite Streifen, welche grösstentheils parallel nach dem hinteren Rande verlaufen, gelegentlich aber sich auch spalten oder zu zweien vereinigen; nur in der Nähe des etwas vor dem Centrum liegenden Mittelpunktes und an beiden Seiten ist ein stärkeres Divergiren der Streifen zu erkennen.

Von den einzelnen Knochen des Kopfes sind an beiden Seiten die Unterkiefer bis zu 47 mm lang erhalten mit den feinen, gedrängten, gegen 0,5 mm breiten Randzähnen. Auf der Gegenplatte sind aber auch 5 grössere, spitze, gekrümmte Zähne zu erkennen, welche an ihrer Basis je etwa 1 mm dick und 2 mm von einander entfernt sind.

An dem hinteren Ende der Kiefer liegen, nur theilweise erhalten, die Opercula, Subopercula und, mehr in der Mitte, eine seitliche Kehlplatte, während die 2 langen Platten in der Mitte des Ganzen wohl die Hauptkehlplatten sind.

Die mir vorliegenden englischen Exemplaren von *Glyptolepis* sind leider zu ungünstig erhalten, um eine genauere Vergleichung zu gestatten. In der Grösse stimmen die Schuppen des Wildunger Stückes etwa mit denen von *G. mikrolepidotus* Ag. überein, während ihre Skulptur noch am meisten derjenigen gleicht, welche Agassiz (Poiss. foss. du vieux grès rouge Taf. 31a, f. 24a) von *Glyptolepis leptopterus* abbildet.

Gattung Rhizodopsis Huxley (em. Traquair).

Rhizodopsis dispersa v. Koenen.

Tafel II, Figur 2 a. b.

In den dunklen, kalkigen Thonschiefern des unteren Oberdevons in einem kleinen Steinbruche nahe dem Bahnhofs Müllenborn bei Gerolstein fand ich ein niedrig-kegelförmiges, wenn auch etwas gewölbtes Knochenschild von 24 mm Länge

und 15 mm Breite, dessen Rand auf der einen Seite, zwischen den stumpfen Spitzen oben und unten, mässig stark gekrümmt ist, am deutlichsten in der Mitte, auf der anderen Seite aber unten eine ziemlich tiefe Einbuchtung und oben einen recht starken Vorsprung besitzt. Dieser ist oben ziemlich stark gekrümmt und unten durch eine stumpfe, abgerundete Ecke von der Einbuchtung getrennt. Die Höhe beträgt etwa 3 mm. Oben ist die Schuppe abgeflacht, freilich wohl zum Theil in Folge von Verdrückung und Abnutzung, und von dem Mittelpunkt verläuft nach allen Vorsprüngen des Randes je eine mehr oder minder stumpfe, aber ganz abgerundete Kante, nach den Einbuchtungen dagegen flache Einsenkungen. Eine verhältnissmässig starke Einsenkung neben der unteren Kante könnte von einer Beschädigung herrühren. Dazu kommt eine deutliche Radial-Skulptur, welche auf der oberen Hälfte der gleichmässiger gekrümmten Seite ziemlich fein und zum Theil Falten-artig ist, auf den übrigen drei Vierteln der Schuppe aber aus flachen, dichotomirenden, mit Knötchen verzierten Rippchen besteht. Diese sind von Mitte zu Mitte durchschnittlich 0,6 mm bis 0,7 mm von einander entfernt, und die Knötchen sind in Reihen parallel dem Rande angeordnet, welche etwa 0,7 mm bis 1 mm von einander entfernt sind und besonders auf dem erwähnten Vorsprunge auf flachen, dem Rande parallelen Rippen zu liegen scheinen. Auf der Mitte der Knötchen befindet sich meistens je ein kleines, glänzendes Schmelzhöckerchen.

Mit Hülfe einer scharfen Loupe erkennt man aber auch, dass die Oberfläche mit dicht gedrängten Körnchen bedeckt ist. Die Skulptur gleicht also einigermaßen der von *Actinolepis tuberculatus* Agassiz, sowie von *Rhizodus Hibberti* Roemer (Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. XVI, S. 272, Taf. VI, f. 2 u. 5), während die Gestalt doch wesentlich abweicht, so dass ich es zuerst dahin gestellt lassen wollte, ob das Knochenschild von Müllenborn etwa einer jener Arten oder Gattungen angehörte.

Die Gattung *Actinolepis* Ag. wird nun zwar noch neuerdings von Zittel (Handbuch der Paläontologie III, S. 153) zu *Pterichthys* gestellt; indessen habe ich die Ueberzeugung nicht gewinnen können, dass alle von Agassiz (Poiss. foss. vieux grès rouge Taf. 31, f. 15—18) als *A. tuberculatus* abgebildete Stücke, sowie das meinige zu *Pterichthys* gehören, und die mit meinem Stück vergleichbaren Abbildungen Roemer's führt A. Smith Woodward (Catalogue of Fossil Fishes Brit. Mus. S. 357, Taf. XVI, f. 3) als *Rhizodopsis robusta* n. sp. auf. Zu dieser Gattung stelle ich denn auch das Stück von Müllenborn, wenn auch mit dem nöthigen Vorbehalt.

Gattung *Rhizodus* Owen.

? *Rhizodus* sp.

Vorkommen: Mittel-Devon, Crinoidenschichten: Mühlenberg bei Gerolstein.

In einem Kalkstück der Aachener Sammlung stecken eine Anzahl Knochenplatten, von welchen eine mit der Oberfläche frei liegt und die Skulptur zum

Theil gut erhalten zeigt. Sie hat noch gegen 5 cm im Durchmesser, wird aber fast überall von Bruchrändern begrenzt; nur auf 3 cm Länge scheint der Rand der Platte vorhanden zu sein, welcher stark eingebuchtet ist. Die Platte ist etwas verdrückt und war ursprünglich wohl flach gewölbt. Die Skulptur besteht aus mässig hohen, abgerundeten Rippen, welche von Mitte zu Mitte meist 1 bis 1,5 mm von einander entfernt sind und an der konvexen Bruchfläche dieser zum Theil und stellenweise parallel laufen, so dass diese wohl dem Plattenrand ziemlich nahe und parallel liegt. Daneben sind aber die Rippen öfters gekrümmt und vereinigen oder trennen sich, so dass hierdurch die Skulptur zum Theil Aderartig erscheint. Noch mehr ist dies in grösserer Entfernung von dem konvexen Rande der Fall, und an dem eingebuchteten Tafelrande sind die Rippen sehr dick und tragen rundliche Höcker, und zwischen ihnen liegen enge, tiefe Grübchen.

Diese Skulptur hat zum Theil eine gewisse Aehnlichkeit mit der auf der Abbildung des Operculum von *Rhizodus ornatus* Traquair bei A. Smith Woodward (Catal. of Foss. Fishes Brit. Museum II, Taf. XII, f. 5), doch nicht genug, um eine Identität der Arten auch nur wahrscheinlich zu machen, und selbst die Gattung lässt sich aus der Skulptur nicht wohl bestimmen. Jedenfalls dürfte die Platte der hinteren Seite des Kopfes angehören, ohne eine sichere Deutung zu gestatten.

Gattung *Osteolepis* Agassiz.

Osteolepis Holzapfeli v. Koenen.

Tafel II, Figur 3 a. b.

Vorkommen: Mittel-Devon von Gerolstein. (Aachener Sammlung.)

Aus der Aachener Sammlung schickte mir Herr Holzapfel freundlichst einen verdrückten Kopf aus den oberen Calceola-Schichten von Gees bei Gerolstein und ein Kalkstück aus den Calceola-Schichten von Gerolstein, 4 cm im Durchmesser, ganz erfüllt von theilweise wohl erhaltenen Schuppen. Diese letzteren haben bis zu 5 mm : 6 mm Durchmesser, die abgebildete 4 mm : 5 mm, und sind trapezförmig bis unregelmässig-viereckig. Die glänzende Oberfläche lässt fast schon ohne Loupe die feinen, eingestochenen Grübchen erkennen, welche etwa 0,2 mm von einander entfernt sind. Die Unterseite ist anscheinend glatt. Die Oberfläche ist nicht ganz eben und senkt sich auf dem hintersten und dem untersten Viertel nicht unerheblich. An diesen beiden Seiten sind aber dicht neben mehreren Schuppen kleine, unregelmässige, meist längliche Körper von gleichem Aussehen und gleicher Farbe, sowie in gleicher Höhe wie ihr Rand vorhanden, welche augenscheinlich noch zu derselben Schuppe gehören und gewissermassen nur durch tiefe Furchen von der Hauptschuppe getrennt sind, so dass diese nach beiden Richtungen dadurch um 0,5 bis fast 1 mm vergrössert wird.

An dem Kopfe befinden sich hinten eine Anzahl verdrückter, glänzender Schuppen mit ganz ähnlichen eingestochenen Grübchen, scheinen aber mindestens

zum Theil um die Hälfte grösser zu sein. Von den Kopfknochen liegen die Branchiostegalplatten nebst den Unterkiefern von unten in einer Länge von 5 cm frei, sind aber grossentheils stark angewittert und keineswegs vollständig; namentlich fehlt ihr vorderes Ende nebst dem Gesteinsstück, auf dem es sitzen müsste. Auf der Bruchfläche ist ein Kiefer-Stück mit einigen kleinen Zähnen sichtbar.

Zwischen den beiden breit auseinander gedrückten Branchiostegalplatten stecken in einem dicken Klumpen eine Anzahl Knochen, welche nur im Querbruch sichtbar sind und dem mittleren Theile des Kopfes angehören dürften.

Ob die beschriebenen beiden Exemplare ein und derselben Art angehören, ist durchaus zweifelhaft, doch möchte ich die eigenthümlichen Schuppen wenigstens mit einem Namen belegen, da sie von den mir sonst bekannten wesentlich abzuweichen scheinen.

Gattung *Glyptopomus* Agassiz.

Glyptopomus? sp.

Tafel II, Figur 7.

Vorkommen: Unteres Ober-Devon: Braunau bei Wildungen, ? Bicken.

Ausser Bruchstücken von Kiefern mit spitzen Zähnen von Bicken und Braunau bei Wildungen habe ich von dem letzteren Fundorte den abgebildeten Unterkiefer, welcher vorn und hinten etwas beschädigt ist, vollständig aber über 10 cm lang gewesen ist; auch sein oberer Rand ist auf der vorderen Hälfte beschädigt, doch ist derselbe bis zum hintersten Viertel augenscheinlich ziemlich gerade gewesen und trägt auf seiner äusseren Kante zahlreiche kleine, gedrängte Zähnen, welche an ihrer Basis gegen 0,5 mm dick sind. An solchen Stellen, wo der äussere Rand abgesprungen ist, werden auch spitze, gegen 4 mm lange, grössere Zähne sichtbar, welche fein gestreift und etwas einwärts gekrümmt sind, an ihrer Basis gegen 1,5 mm Durchmesser haben und gegen 3 mm von einander entfernt sind; die Pulpa reicht allermindestens bis zur Mitte der Länge hinauf. Die Zahnschubstanz ist ziemlich mürbe, fast Kohle-artig und lässt selbst bei mikroskopischer Untersuchung eines Dünnschliffes keinerlei Struktur erkennen. Es war für mich dies freilich nicht unerwartet, da selbst unsere Platten von *Coccosteus* unter dem Mikroskop eine feinere Struktur nicht erkennen lassen. Das hinterste Viertel steigt mit fast 40 Grad und trägt mindestens auf seinem 5 mm langen vordersten Theile ebenfalls Zähnen. Das mittlere Drittel des Kiefers ist 16 bis 18 mm hoch, auf dem vordersten hebt sich der untere Rand allmählich, und wesentlich schneller ist dies auf dem hintersten Sechstel der Fall.

Von einer Skulptur ist auf der Oberfläche des Kiefers nur an einer Stelle etwas zu erkennen, nämlich flache Schmelzhöcker von ca. 0,6 mm Durchmesser, welche sich grösstentheils nicht gut vom Gestein abgelöst haben, aber ziemlich gedrängt zu stehen scheinen.

Die längeren Zähne sind nun zwar fast nur auf Querbrüchen zu sehen, haben aber einen rundlichen Querschnitt und dürften zunächst mit den von Agassiz als *Dendrodus* und *Cricodus* beschriebenen Formen vergleichbar sein, und die wenig deutliche Skulptur der Oberfläche des Kiefers gleicht einigermaßen der von *Cricodus Agassizi* Lohest (Poissons Terr. Paléoz. Belgique, Mém. Soc. Géol. de Belg. t. XV, 1888, p. 120, Taf. VIII, f. 1). Von dieser Art weicht unser Exemplar jedoch schon durch die Gestalt des Kiefers bedeutend ab, und die Pulpa scheint doch nicht so lang zu sein, als dies bei *Cricodus* der Fall sein soll.

Da nun aber von der Struktur der Zähne keine Spur erhalten ist, und da Traquair (Geol. Magaz. 1888, S. 513 und 1889, S. 490) sich dahin ausgesprochen hat, dass die mit den Namen *Dendrodus* und *Lamnodus* bezeichneten Zähne zu *Holoptychius* und *Glyptolepis* gehören, die Familien der „*Holoptychiden*“ und der „*Dendrodontiden*“ somit zusammenfallen, so scheint es mir richtiger, die oberdevonischen norddeutschen Kiefer in erster Linie nach ihrer Gestalt und der Stellung und Grösse der Zähne zu vergleichen, und darin dürften sie der Gattung *Glyptolaemus* Huxley (Mem. Geolog. Survey United Kingdom Dec. X, London 1861, S. 1, fig. 1) mit am nächsten stehen, soweit sich dies ohne direkten Vergleich von Exemplaren beurtheilen lässt. *Glyptolaemus Kinnairdi* Huxley und *Platygnathus minor* Agass. wurden aber von A. Smith Woodward mit der Gattung *Glyptopomus* Ag. vereinigt und zu den *Osteolepidae* gestellt.

Die vorstehend beschriebenen, beziehentlich erwähnten Fischreste unseres Devons sind nun in diesem sehr ungleichmässig vertheilt.

Aus dem untersten Unterdevon, den Hundsrückschiefern von Bundenbach, konnte ich nur recht zweifelhafte Reste von *Asterolepis* (*Pterichthys*) anführen; aus dem oberen Unterdevon von Prüm stammt *Megapetalichthys Prümiensis* Kayser und *Acanthaspis Prümiensis* Traquair. *Coccosteus Hercynius* H. v. Meyer fand sich in den unteren Wissenbacher Schiefer des Oberharzes, *Holopetalichthys Novaki* v. Koenen in dem F-Kalk von Konieprus, die von Barrande als *Coccosteus primus*, C. Agassizi und C. Fritschii beschriebenen Bruchstücke in den F- und G-Kalken Böhmens, *Dinichthys Eifeliensis* Kayser, *Macropetalichthys Agassizi* H. v. Meyer, *Rhizodus* sp., *Osteolepis Holzapfeli* v. Koenen, *Rhizodus*? sp. und *Asterolepis rhenanus* Beyr. im unteren Mitteldevon bei Gerolstein, letztere Art anscheinend auch im oberen Mitteldevon bei Paffrath.

Das untere Oberdevon von Büdesheim und Müllenborn bei Gerolstein lieferte *Ctenacanthus erectus* v. Koenen, *Holoptychius*? *Kayseri* v. Koenen und *Rhizodopsis dispersa* v. Koenen, und die gleichaltrigen Kalke von Bicken bei Herborn, von Weilburg, von Wildungen, von Bredelar und vom Martenberg bei Adorf lieferten *Coccosteus inflatus*, C. Bickensis, C. bidorsatus v. Koenen, *Brachydeirus carinatus* v. Koenen, *Aspidichthys ingens* v. Koenen, *Dinichthys*? *minor* v. K., *Anomalichthys scaber* v. Koenen, *Platyaspis tenuis* v. Koenen, *Glyptolepis Traquairi* v. Koenen und *Glyptopomus*? sp.

Wenn hiernach eine weit grössere Zahl von Arten der verschiedensten Gattungen aufgeführt werden konnte, als bisher beschrieben war, so wird doch zuverlässig anzunehmen sein, dass hiermit immerhin nur ein vielleicht nur kleiner Theil unserer devonischen Fisch-Fauna, zum Theil noch dazu recht unvollkommen bekannt geworden ist, sind doch aus den gleichaltrigen Schichten Englands, Belgiens und Nordamerikas durch Agassiz, Pander, Traquair, Smith Woodward, M. Lohest, Newberry und Andere zahlreiche Formen beschrieben worden, welche uns noch ganz oder fast ganz fehlen. Es mag dies zum Theil wohl an der Entwicklung und Facies der Gesteine liegen, zum Theil aber auch sicher an der Erhaltungsweise, und nicht zum kleinsten Theile endlich an der Art des Sammelns, an der Gründlichkeit der Ausbeutung und der Sorgfalt, mit welcher unscheinbare Reste doch aufgehoben und herauspräparirt wurden.

Durch dergleichen ist auch wohl die so verschiedene vertikale Verbreitung der Gattungen zu erklären, welche ja in hohem Grade auffällig ist gegenüber der Verbreitung in anderen Ländern; so findet sich *Asterolepis* bei uns nur im rheinischen Mitteldevon und vielleicht auch Unterdevon, *Coccosteus* dagegen — abgesehen von *C. Hercynius* — nur im Oberdevon, während in der reichen Fisch-Fauna des Old-Red-Sandstone von Lethen-bar *Asterolepis* und *Coccosteus* zusammen vorkommen; zudem fehlen gerade die Arten des englischen Devons bei uns ganz.

Verzeichniss
der besprochenen Gattungen und Arten.

	Seite		Seite
<i>Acanthaspis</i>	3	<i>D. Terrelli</i>	17
<i>A. Prümiensis</i>	2, 33	<i>Glyptolaemus</i>	33
<i>Acondylacanthus</i>	3	<i>G. Kinnairdi</i>	33
<i>Actinolepis? tuberculatus</i>	30	<i>Glyptolepis</i>	29, 33
<i>Anomalichthys</i>	8, 15, 19	<i>G. leptopterus</i>	29
<i>A. scaber</i>	19, 33	<i>G. mikrolepidotus</i>	29
<i>Aspidichthys ingens</i>	13	<i>G. Traquairi</i>	29, 33
<i>Asterolepis</i>	2	<i>Glyptopomus</i>	32, 33
<i>A. Bohemicus</i>	19	<i>Holopetalichthys</i>	25
<i>A. rhenanus</i>	2, 33	<i>H. Novaki</i>	25, 33
<i>Asteroplax scabra</i>	21	<i>Holoptychius</i>	28
<i>Brachydeirus</i>	5, 10	<i>H. Flemingi</i>	28
<i>B. carinatus</i>	10, 33	<i>H. Kayseri</i>	28, 33
<i>Chelyophorus</i>	3, 22	<i>Homacanthus arcuatus</i>	3
<i>Coccosteus</i>	3, 5	<i>Homosteus</i>	3, 24
<i>C. Agassizi</i>	8	<i>Macropetalichthys</i>	22, 24, 27
<i>C. Bickensis</i>	6, 7, 33	<i>M. Agassizi</i>	22, 25, 33
<i>C. bidorsatus</i>	6, 33	<i>M. Prümiensis</i>	24, 25, 33
<i>C. carinatus</i>	5, 7, 10, 33	<i>M. Sullivanti</i>	25
<i>C. decipiens</i>	11	<i>Osteolepis</i>	31
<i>C. Fritschi</i>	8, 13	<i>O. Holzapfeli</i>	31, 33
<i>C. Hercynius</i>	7, 34	<i>Physichthys Hoeninghausi</i>	22
<i>C. inflatus</i>	6, 7, 8, 33	<i>Placothorax Agassizi</i>	22
<i>C. Milleri</i>	11	<i>Platyaspis</i>	21
<i>C. obtusus</i>	8, 9	<i>P. tenuis</i>	21, 33
<i>C. primus</i>	8	<i>Platygnathus minor</i>	33
<i>Cricodus Agassizi</i>	33	<i>Pterichthys</i>	1
<i>Ctenacanthus</i>	3	<i>P. rhenanus</i>	1, 2
<i>C. distans</i>	3	<i>Rhizodopsis</i>	29
<i>C. erectus</i>	3, 33	<i>R. dispersa</i>	29, 33
<i>Dendrodus</i>	33	<i>R. robusta</i>	30
<i>Dinichthys</i>	8, 16, 18	<i>Rhizodus</i>	30, 33
<i>D. Eifeliensis</i>	16	<i>R. Hibberti</i>	30
<i>D. Hertzeri</i>	17	<i>R. ornatus</i>	31
<i>D.? minor</i>	18, 33	<i>Titanichthys</i>	3

Erklärung der Tafeln.**Tafel I.**

Figur 1—3 *Brachydeirus carinatus* v. Koenen. S. 10.

Aus dem unteren Oberdevon von Wildungen.

Die Originale befinden sich in der Sammlung der Technischen Hochschule zu Aachen.

Tafel II.

Figur 1 *Holoptychius?* *Kayseri* v. Koenen, in doppelter Grösse. S. 28.

Aus dem unteren Oberdevon von Müllenborn bei Gerolstein.

Figur 2 a. b *Rhizodopsis dispersa* v. Koenen. S. 29.

2a in natürlicher Grösse, 2b Skulptur vergrössert.

Aus dem unteren Oberdevon von Müllenborn bei Gerolstein.

Figur 3 a. b *Osteolepis Holzapfeli* v. Koenen. S. 31.

3a in natürlicher Grösse, 3b vergrössert.

Aus dem Mitteldevon von Gerolstein.

Das Original befindet sich in der Sammlung der Technischen Hochschule zu Aachen.

Figur 4 a. b. c *Glyptolepis Traquairi* v. Koenen. S. 29.

4a. b in natürlicher Grösse, 4c Schuppe vergrössert.

Aus dem unteren Oberdevon v. Wildungen.

Figur 5 *Brachydeirus carinatus* v. Koenen. S. 10.

Abdruck eines nicht verdrückten Kopfes, ausgebreitet gezeichnet.

Aus dem unteren Oberdevon von Wildungen.

Das Original befindet sich in der Sammlung der Kgl. Geologischen Landes-Anstalt zu Berlin.

Figur 6 *Coccosteus inflatus* v. Koenen. S. 8.

Abdruck eines nicht verdrückten Kopfes, ausgebreitet gezeichnet.

Aus dem unteren Oberdevon von Wildungen.

Figur 7 *Glyptopomus Traquairi* v. Koenen. S. 32.

Aus dem unteren Oberdevon von Wildungen.

Tafel III.

Figur 1—3 *Aspidichthys ingens* v. Koenen. S. 13.

$\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse.

1 und 3 aus dem unteren Oberdevon vom Martenberg bei Adorf.

2 aus dem unteren Oberdevon von Bredelar.

Tafel IV.

Figur 1 a. b *Platyaspis tenuis* v. Koenen. S. 20.

1a in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse, 1b Skulptur 3 mal vergrössert.

Aus dem unteren Oberdevon von Weilburg.

Das Original befindet sich in der Sammlung der Technischen Hochschule zu Aachen.

Figur 2 a. b *Holopetalichthys Novaki* v. Koenen. S. 25.

Aus dem F₂-Kalk von Konieprus bei Beraun.

Das Original gehört der Sammlung der böhmischen Universität zu Prag.

Figur 3 a. b *Macropetalichthys Agassizi* H. v. Meyer. S. 21.

Aus dem Mitteldevon von Gerolstein.

Figur 4. 5 a. b *Dinichthys Eifeliensis* Kayser. S. 16.

4 und 5a in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse, 5b vergrössert.

Aus dem Mitteldevon von Gerolstein.

Das Original zu 4 befindet sich in der Sammlung der Kgl. Geologischen Landes-Anstalt zu Berlin.

Tafel V.

Figur 1 *Dinichthys Eifeliensis* Kayser? S. 17.

Aus dem Mitteldevon von Gerolstein.

Figur 2 *Anomalichthys scaber* v. Koenen. S. 17.

In $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse.

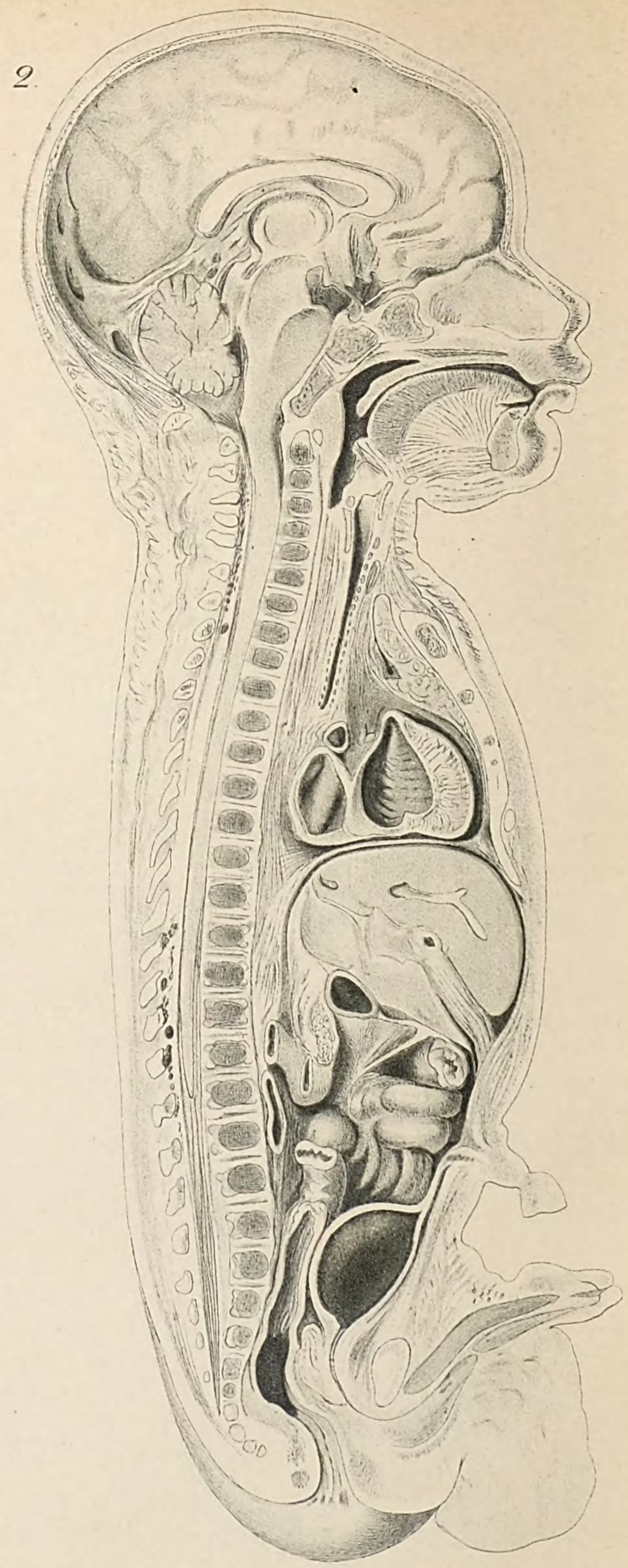
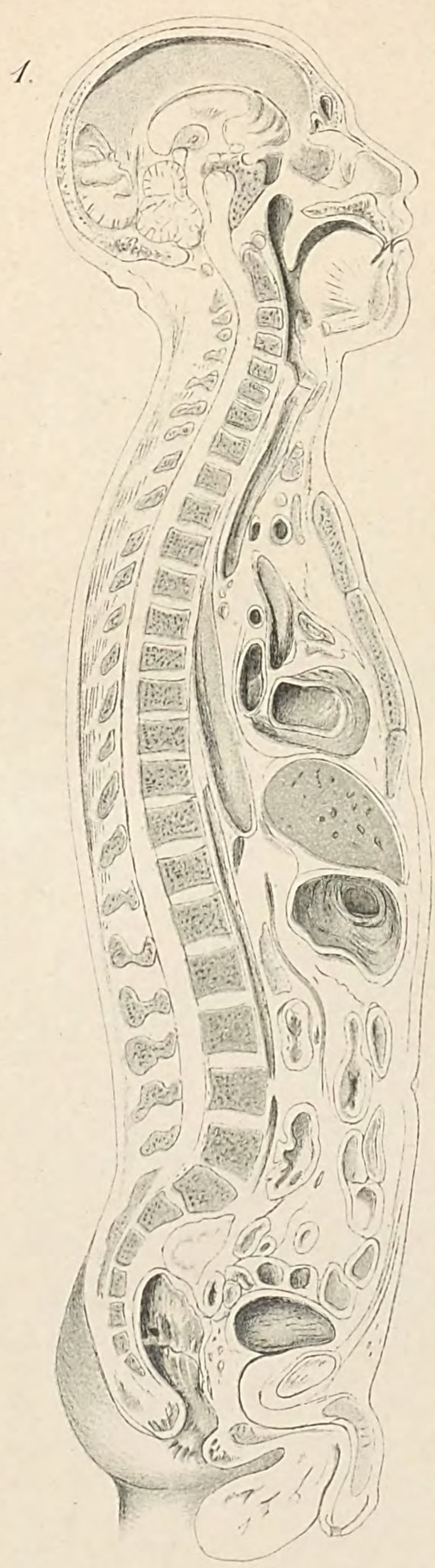
Aus dem unteren Oberdevon von Wildungen.

Das Original befindet sich in der Marburger Sammlung.

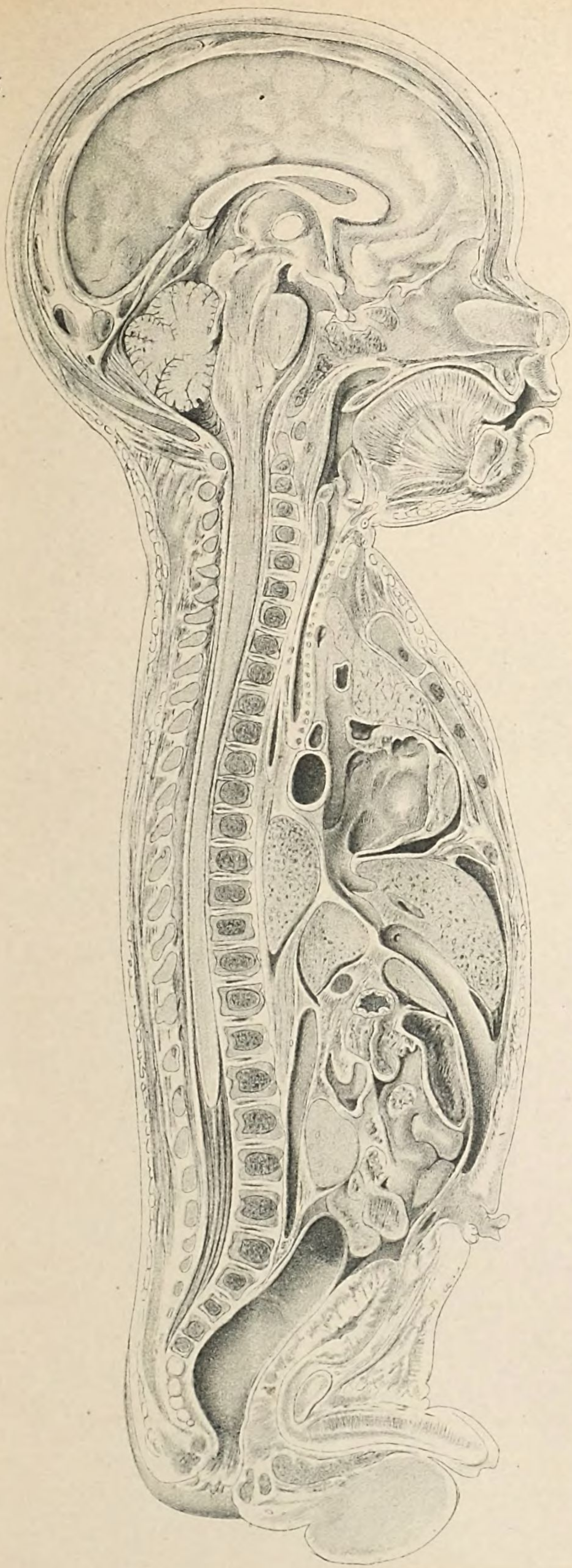
Figur 3 *Macropetalichthys Prümiensis* Kayser. S. 23.

Aus dem oberen Unterdevon von Prüm.

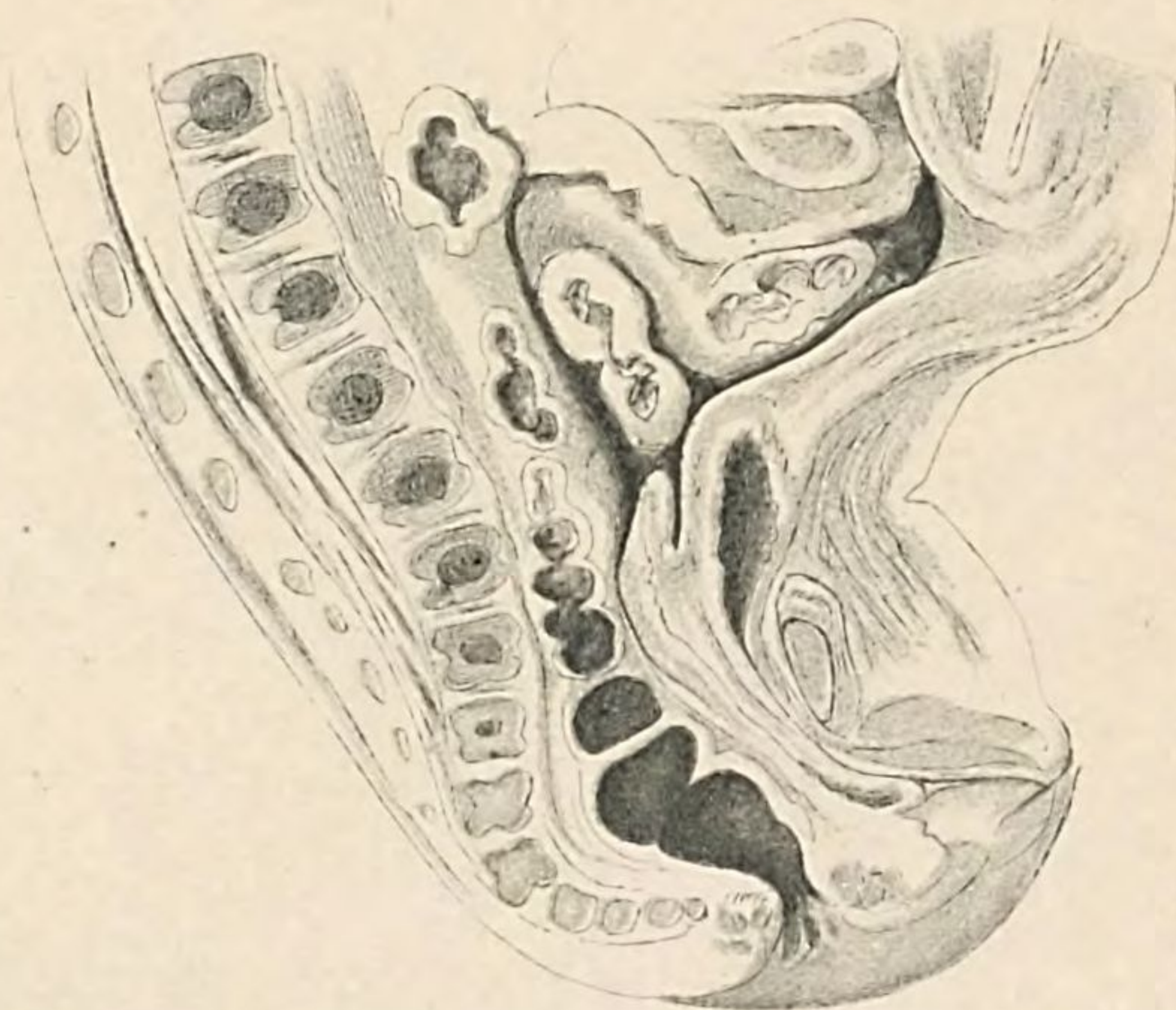
Das Original befindet sich in der Sammlung der Kgl. Geologischen Landes-Anstalt zu Berlin.



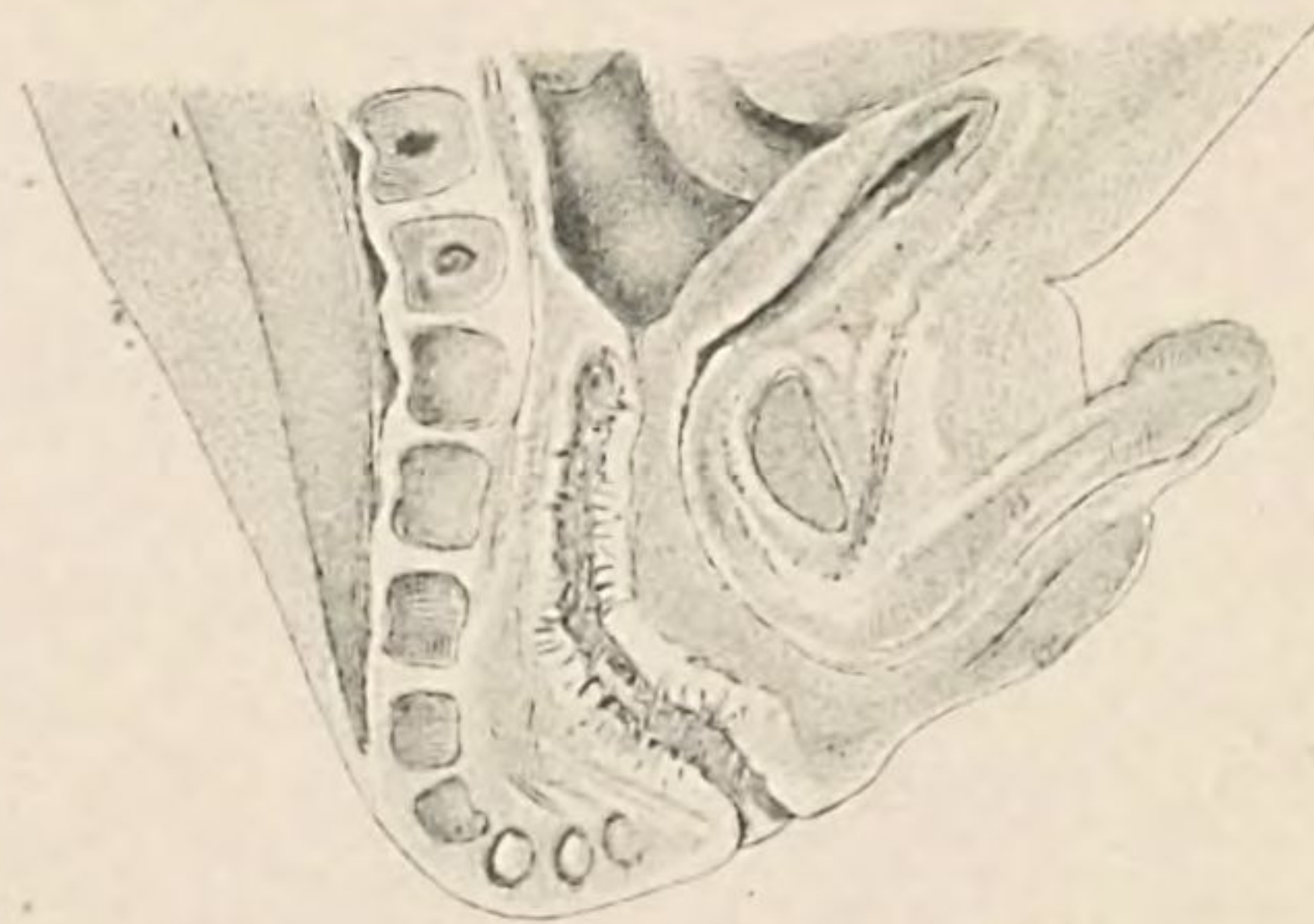
5.



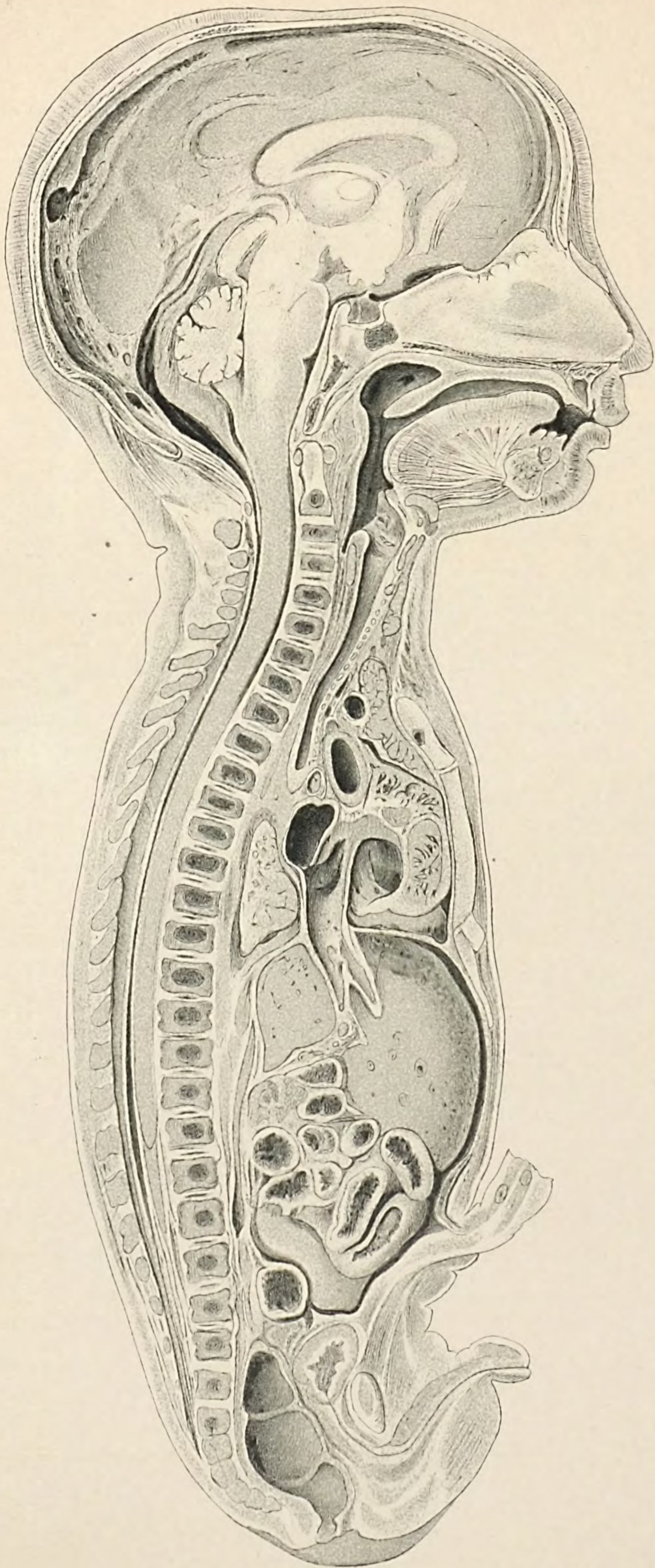
9.



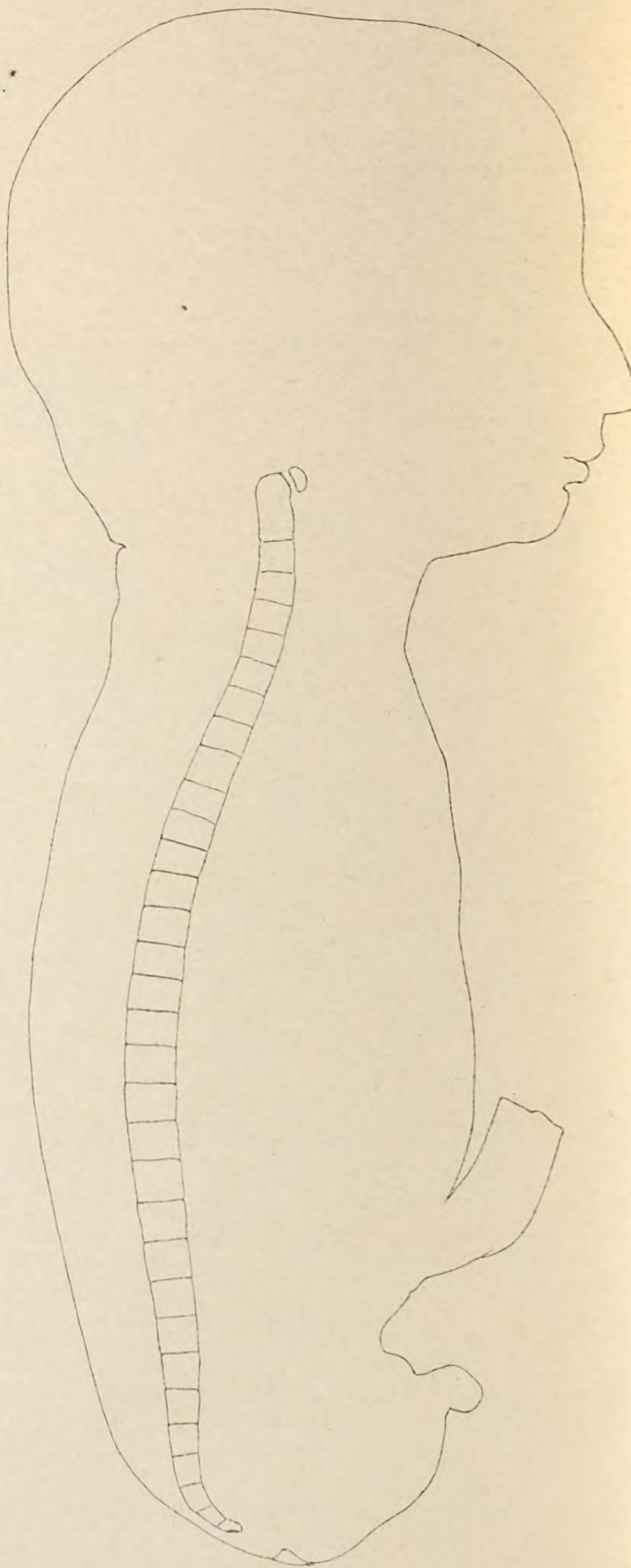
10.

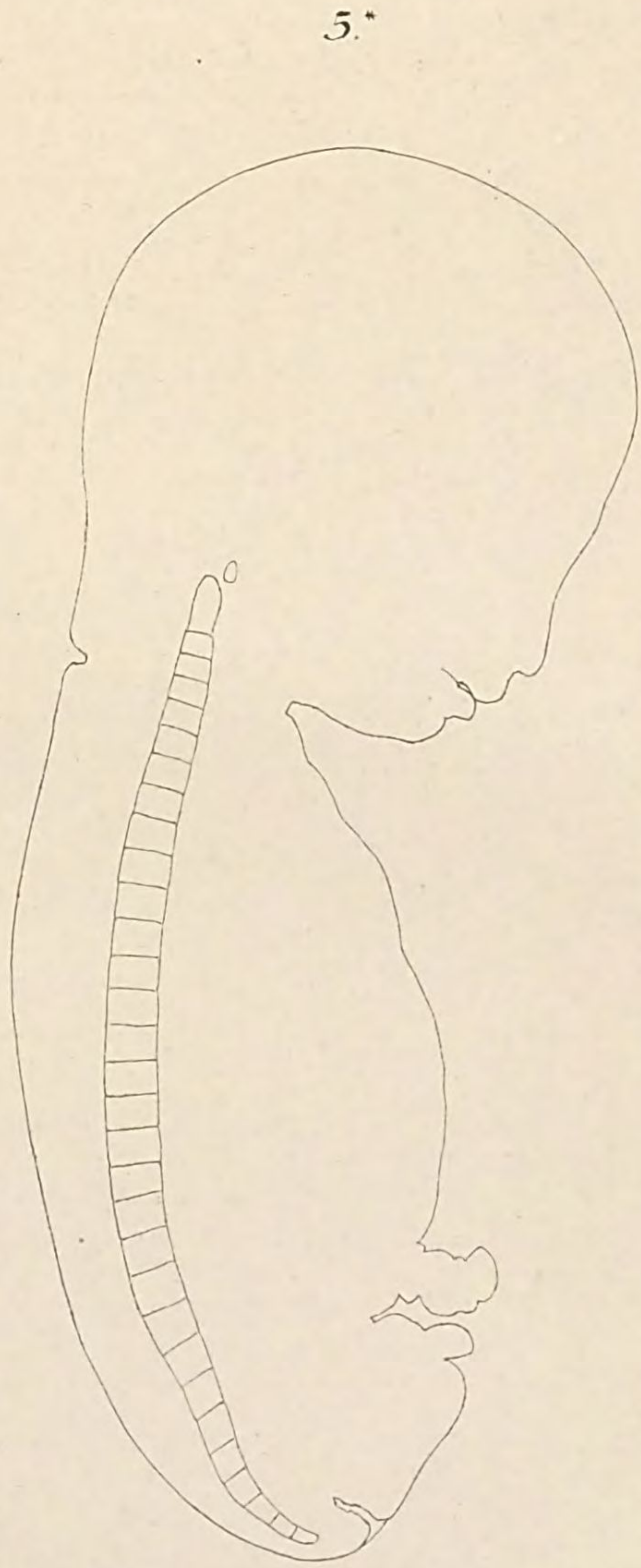
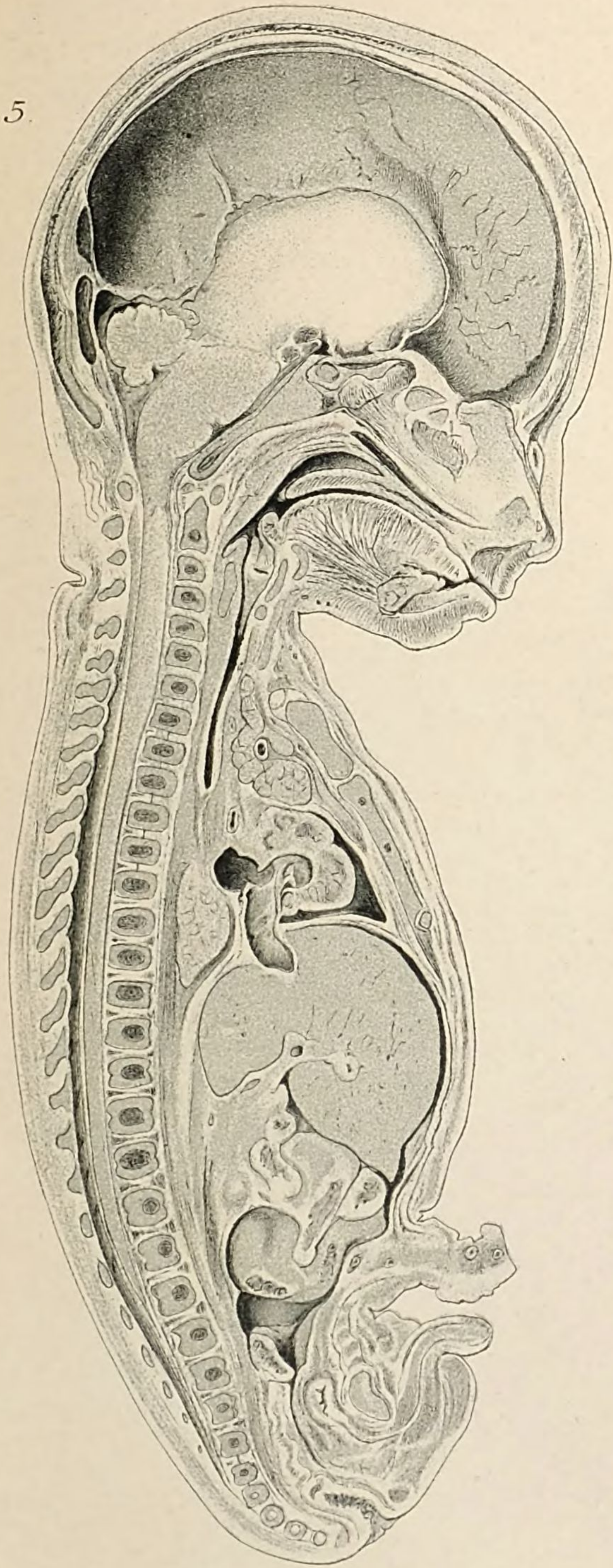


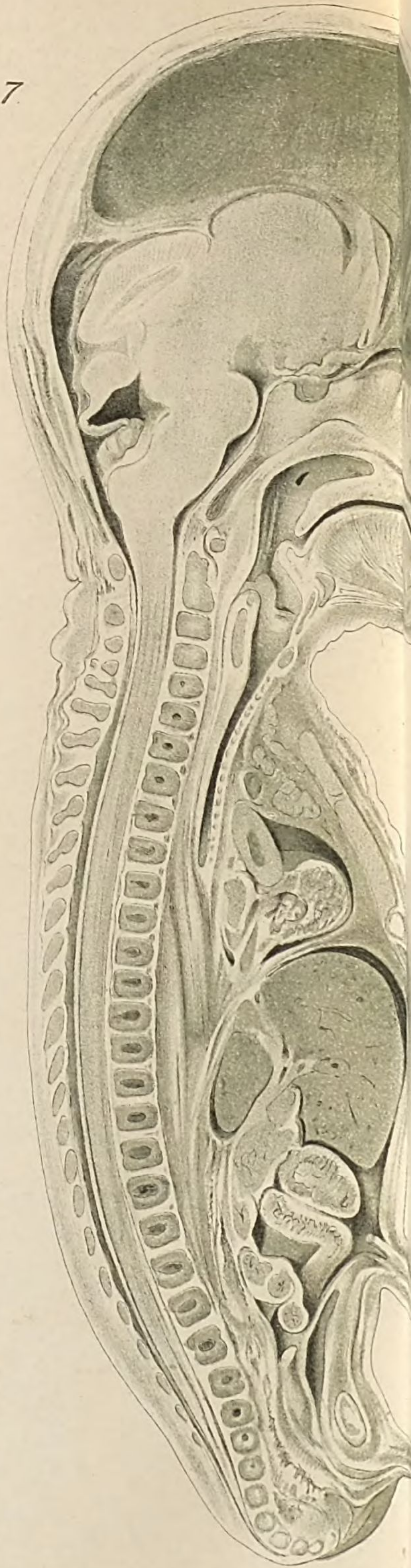
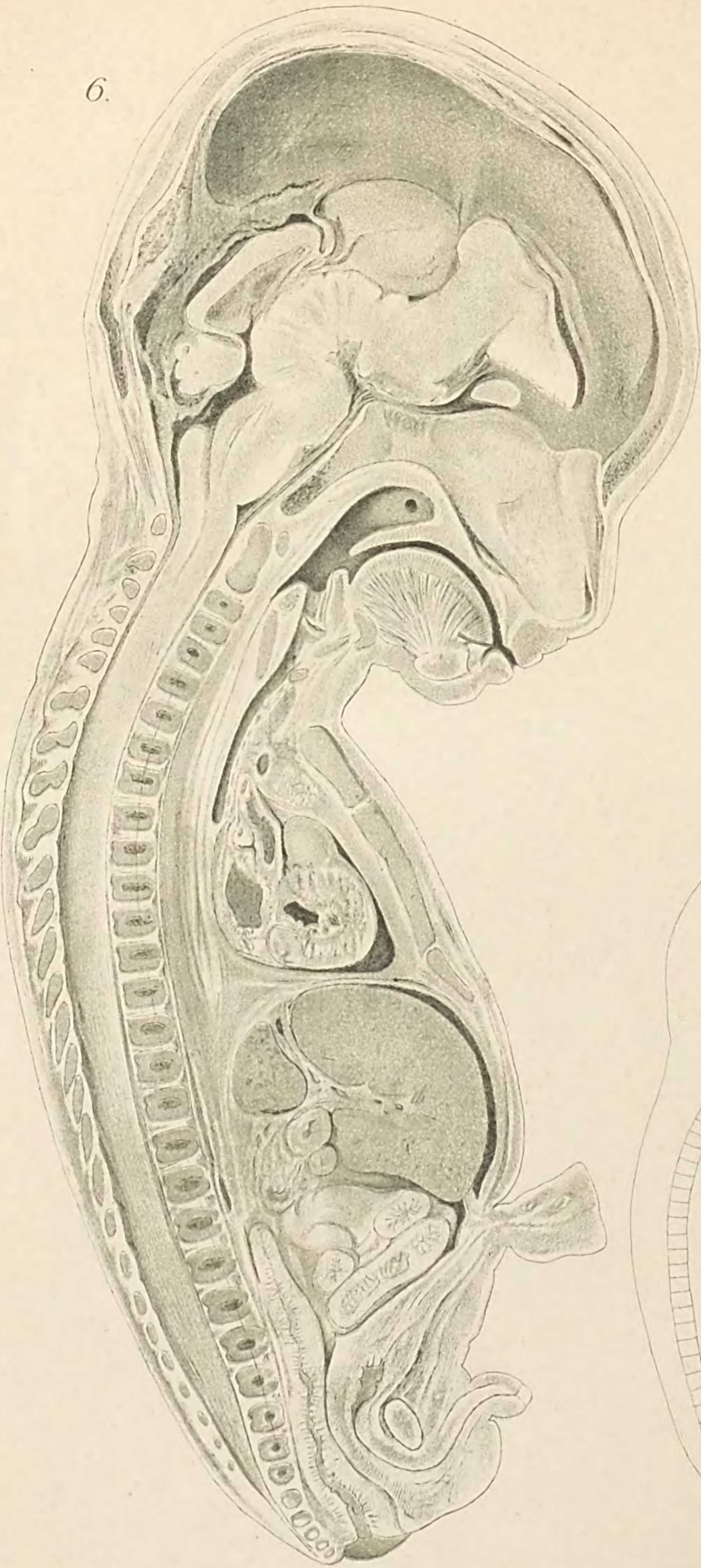
4.

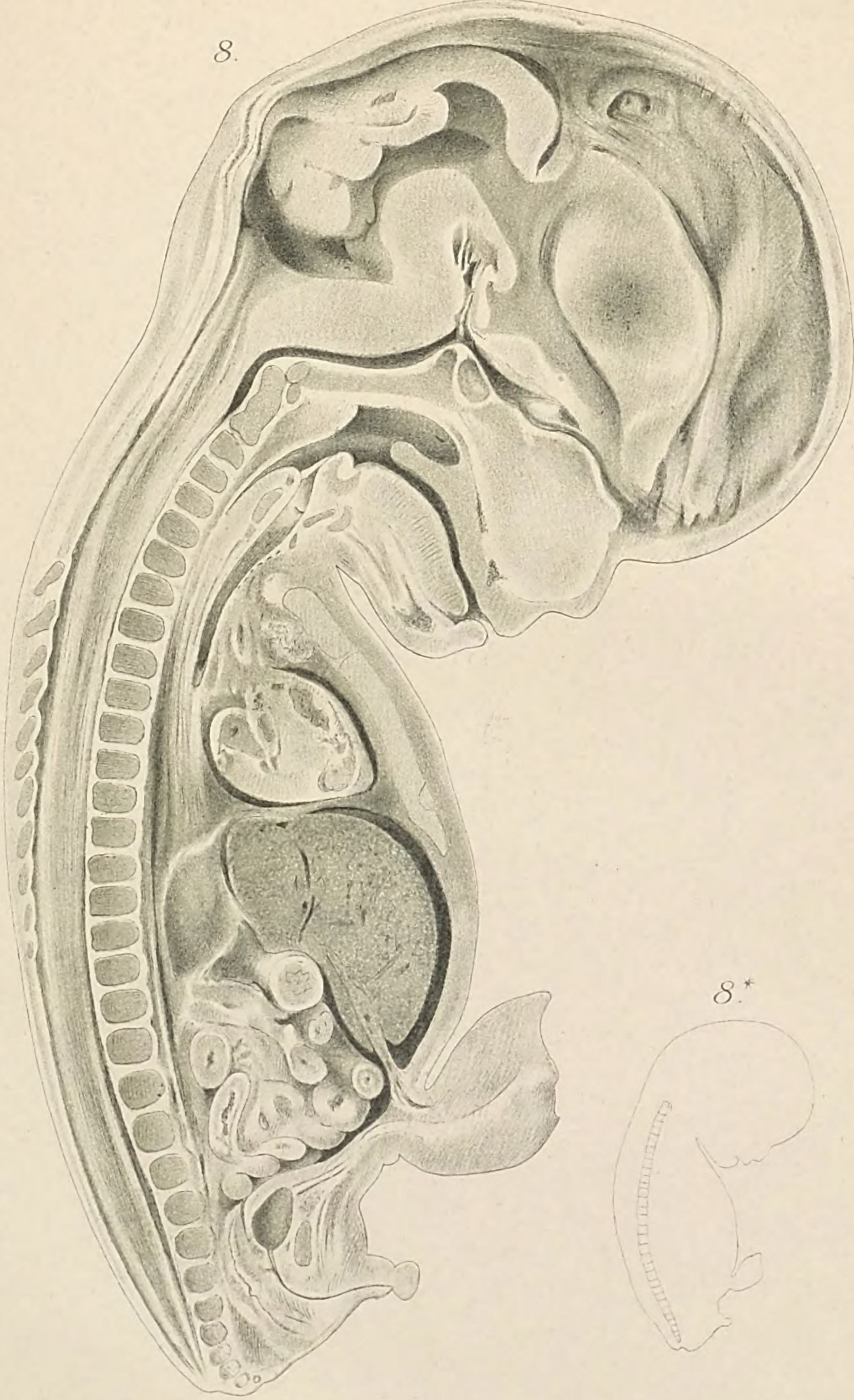


4.









Ueber den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung.

Von

O. Bütschli.

Mit 5 Textfiguren.

Vorgelegt in der Sitzung am 19. October 1895.

Schon seit einigen Jahren haben mich Untersuchungen über die besonderen, mikroskopisch feinen Bauverhältnisse der quellbaren Körper beschäftigt, worüber ich seit 1892 mehrfach berichtete. Natürlich mussten die hierbei gemachten Erfahrungen auch zu einer Vorstellung über den Vorgang und die Bedingungen der Quellungserscheinung selbst hinleiten. Ich hatte denn auch schon als Schlussabschnitt meines vorjährigen Berichtes (1894) eine Darlegung der Ansichten über die Quellung niedergeschrieben, zu welchen ich durch meine Erfahrungen geführt wurde. — Bei nochmaliger Durchsicht des Niedergeschriebenen schien es mir aber doch nothwendig, zuvor noch einige Fragen eingehender zu untersuchen, weshalb ich mich im Laufe des vergangenen Winters diesen Untersuchungen von Neuem zuwandte. Ueber das hierbei Gefundene soll in diesen Zeilen zunächst kurz berichtet werden. —

1. Versuche über die Eintrocknung von Gelatinegallerte, sowie die Einführung verschiedener Flüssigkeiten oder Luft in die Hohlräumchen quellbarer Körper.

Aus meinen früheren Mittheilungen geht hervor, dass ich einen äusserst feinen schaumartigen Bau für eine der wesentlichen Eigenthümlichkeiten der quellbaren Körper halte. Ich konnte zeigen, dass bei einer ganzen Anzahl solcher Körper im gequollenen Zustande eine derartige Structur nachweisbar ist, dass aber bei der Austrocknung die Sichtbarkeit der Structur meistens erlischt, indem eine mehr oder weniger glasig-durchsichtige, anscheinend

strukturlose Beschaffenheit angenommen wird. Erst nachträglich, bei dem Studium älterer Litteratur fand ich, dass schon vor langer Zeit Chevreul (1821) für eine ganze Reihe quellbarer Gewebe des Thierkörpers, für geronnenes Eiweiss u. A. auf diese eigenthümliche und charakteristische Erscheinung hingewiesen hat, soweit sie sich makroskopisch erkennen lässt.

Wie früher bemerkt wurde, beruht das durchsichtig- und glasigwerden der im gequollenen Zustand mehr oder weniger undurchsichtigen Körper darauf, dass die Flüssigkeit, welche die feinen Maschen- oder Wabenräume erfüllt, verdunstet und diese Räume selbst völlig oder doch nahezu völlig zusammenschrumpfen, obliteriren, aber bei erneuter Quellung sich genau in der früheren Weise wieder mit Flüssigkeit füllen. Beweise für diese Auffassung habe ich schon 1892 (2, p. 3 d. Sp. A.) und namentlich in meiner letzten Mittheilung (1894 p. 9 ff. d. Sp. A.) beigebracht. Wenn jedoch durch besondere Bedingungen das Zusammensinken der Wabenräume beim Eintrocknen verhindert wird, so tritt an Stelle der verdunstenden Flüssigkeit Luft; der eintrocknende gequollene Körper wird dann nicht glasig durchsichtig, sondern umgekehrt viel undurchsichtiger wie zuvor, d. h. in der R. kreideweiss. — Gleichzeitig behält er dann natürlich auch beim Trocknen annähernd das frühere Volumen, er schrumpft nicht oder doch viel weniger wie bei der glasigen Eintrocknung. — Schon 1892 (2 p. 2 d. Sp. A.) wurde namentlich für geronnenes Eiweiss, Gelatine und Gummi diese gelegentliche Lufteinfüllung unter gewissen Bedingungen geschildert und für die Richtigkeit meiner Vorstellung von dem Bau dieser und ähnlicher Körper verwerthet.

Wie eine nähere Ueberlegung zeigt, muss das Zusammenschrumpfen der Wabenräume beim Eintrocknen solcher Körper wesentlich durch den Druck der äusseren Luft verursacht werden, der in dem Masse wie die Flüssigkeit aus dem Innern der Waben verdunstet, deren ungemein dünne und biegsame Wände zusammenpresst und daher schliesslich die Räume völlig oder nahezu völlig obliterirt.

Wenn diese Vorstellung richtig ist, so muss es gelingen, durch Verminderung oder Aufhebung des äusseren Luftdrucks und weiterhin durch geeignete Bedingungen, welche eine möglichst grosse Starrheit und Widerstandsfähigkeit des Gerüstwerks gegen äusseren Druck erzeugen, beim Eintrocknen solch' quellbarer Körper Luft in ihre Wabenräume einzuführen und sie undurchsichtig weiss zu machen. — Diesen Gedankengang habe ich einer näheren Prüfung unterworfen und ihn auch im Wesentlichen bestätigt gefunden. —

Gelatinegallerte von 5—20 % oder etwas höherem Gehalt bei gewöhnlichem Luftdruck oder unter der Luftpumpe eingetrocknet, wird stets glasig, scheint also die gemachten Voraussetzungen nicht zu bestätigen. Doch halte ich dies nicht für beweisend, da die mir zu Gebote stehenden Einrichtungen nur eine Luftverdünnung gestatteten, die nicht unter 6—10 cm Hgdruck ging. Bei der ungemeinen Nachgiebigkeit der minimal dünnen Wabenwände ist unter

diesen Umständen kaum zu hoffen, eine Luftefüllung der wasserhaltigen Gelatine zu erzielen. —

Beim Eintrocknen der wasserhaltigen Gelatine in Luft zeigen sich jedoch einige Besonderheiten, welche wohl erwähnt zu werden verdienen. Wird ein freistehender, z. B. auf eine Nadelspitze aufgesetzter Gelatinewürfel eingetrocknet, so nimmt er eine ganz besondere, von der ursprünglichen Würfelgestalt abweichende Form an, welche, wenn die Austrocknung gleichmässig und ohne Störung verlief, eine nahezu geometrisch regelmässige ist. Wie leicht erklärlich, trocknen nämlich die Kanten des Würfels zuerst aus, da sie an den beiden anstehenden Flächen der Verdunstung unterliegen; sie werden daher bald so fest und unnachgiebig, dass sie bei der fortdauernden Trocknung als festes Gerüst stehen bleiben und sich nicht weiter oder doch nur sehr wenig verkleinern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich diese Kanten bei dem Trocknungsprocess nicht nach allen Richtungen gleichmässig zusammenziehen konnten, da sie daran durch die übrige, weniger eingetrocknete Masse des Würfels gehindert werden. Die Kanten müssen daher in ihrer Längsrichtung gespannt werden. Dies spricht sich denn auch einige Zeit nach Beginn der Trocknung deutlich dadurch aus, dass sich die ursprünglich ebenen Würfelflächen schwach convex hervorwölben und auch die Kanten selbst schwach convex gekrümmt sind. Nach einiger Zeit verliert sich jedoch diese Wölbung der Flächen und Kanten wieder und nun bilden die festgewordenen Kanten, wie gesagt, eine Art Gerüst, an dem die übrige eintrocknende Masse des Würfels gewissermassen aufgehängt ist. — Ohne genaueres Eingehen auf die Einzelvorgänge des weiteren Eintrocknungsprocesses wird es verständlich sein, dass unter diesen Bedingungen jede der Würfelflächen zu einer vierseitigen Pyramide einsinken muss, deren Kanten gegen die 4 Ecken der Fläche verlaufen. Jede dieser ausgehöhlten Pyramiden zeigt gewöhnlich eine abgestutzte Spitze, deren Fläche zusammen mit den entsprechenden 5 anderen einen würfelförmigen Körper bildet, dessen Grösse natürlich von dem Wassergehalt der urspr. Gelatinegallerte wesentlich bedingt wird. — Die Regelmässigkeit des so entstandenen Körpers ist, wie bemerkt, häufig sehr überraschend. Zwei Gelatinewürfel (5 % G.) von 9 mm Kantenlänge ergaben nach 4 tägiger Eintrocknung einen der eben beschriebenen Körper von 4 mm Kantenlänge; ein ebensolcher Würfel (9 mm), im luftverd. Raume eingetrocknet, besass 5—6 mm Kantenlänge. — Natürlich wiederholen sich auch bei der Eintrocknung einer frei aufgehängten Gelatineplatte dieselben Erscheinungen an den Kanten, woraus resultirt, dass die eingetrocknete Platte einen relativ dicken wulstförmigen Rand besitzt, während ihre mittlere Partie viel dünner ist. So zeigte eine solche Platte von 5 % Gelatine, die eine urspr. Breite von 9 mm und eine Dicke von 3 mm besass, nach der Eintrocknung bei einer Br. von 4 mm jederseits einen Randwulst von

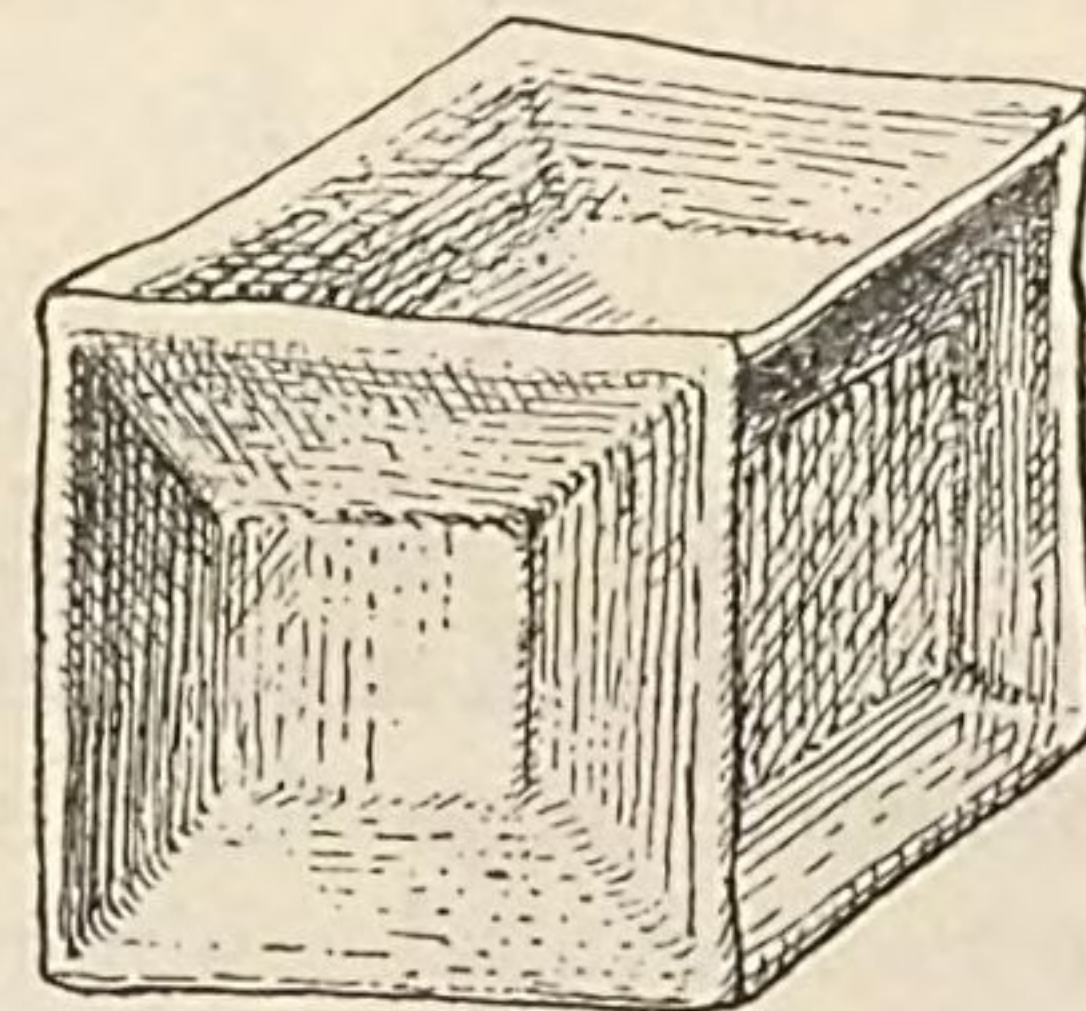


Fig. 1.

0,94 respect. 1,07 mm Dicke, während die mittlere Fläche nur 0,304 mm dick war (siehe Fig. 2).

Einige Versuche, die ich schon 1893 über die Eintrocknung von gegossenen Gelatinekugeln (12 und 20 % Gel.) angestellt hatte, ergaben gleichfalls in gewisser Hinsicht interessante Resultate, weshalb ich darüber kurz berichten

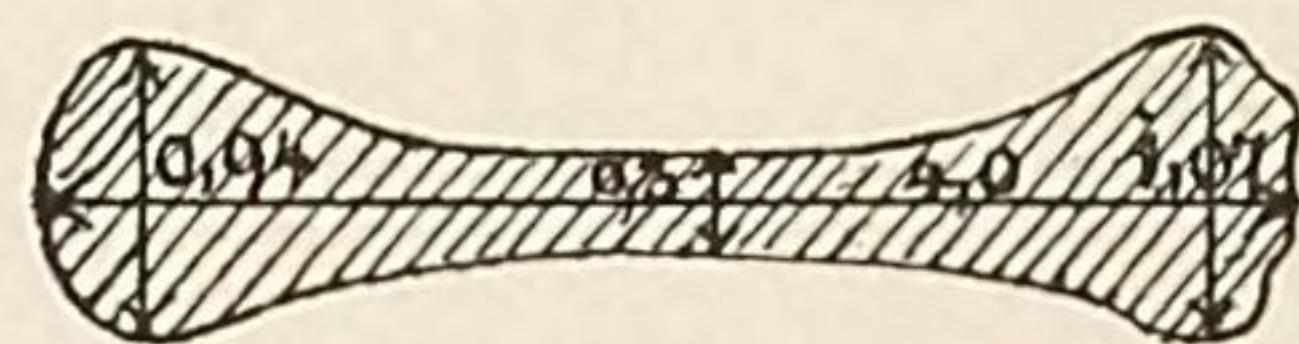


Fig. 2.

will. — Das Charakteristische bei der Trocknung der Kugeln in freier Luft ist, dass sie zuerst ohne Deformation ihr Volum verkleinern, dass jedoch von einem gewissen Zeitpunkt an, d. h. wenn eine oberflächliche Schicht so stark eingetrocknet ist, dass sie der weiteren Zusammenziehung genügenden Widerstand leistet, luftgefüllte Hohlräume im Innern

der Kugeln auftreten. Entweder bildet sich auf diese Weise eine ansehnliche grosse Höhle aus oder gleichzeitig mehrere kleinere und schliesslich sinkt die äussere Wand der Kugel über diesen Hohlräumen unregelmässig dellenartig ein, weshalb endlich eine starke Deformation eintritt. Irgendwelche Risse oder Sprünge, welche den Lufteintritt ins Innere der trocknenden Kugeln vermitteln hätten können, liessen sich nicht beobachten; ebenso erwies sich die Vermuthung, dass die Luft eventuell am Rande des feinen Seidenfadens, der in die Kugeln eingeschmolzen, zu ihrer Aufhängung diente, eindrange, als nicht stichhaltig, da auch auf einem feinen Drathring frei aufgesetzte Kugeln sich beim Eintrocknen ganz ebenso verhielten. — Es ist daher nicht abzuweisen, dass die Luft durch die relativ dicke Gelatinewand der eintrocknenden Kugeln hindurch treten muss, obgleich sich in derselben zu keiner Zeit eine weissliche Trübung zeigte. Dass aber die erwähnten Hohlräume nicht etwa luftleer sind, ergibt sich leicht bei der Wiederaufquellung der Kugeln, wobei sie nicht schwinden, sondern sich in den wieder regulär kuglig angeschwollenen Gelatinekörpern erhalten; ohne aber jetzt die stark vergrösserten innern Hohlräume völlig auszufüllen, da sich daneben noch Wasser ansammelt. Endlich ist die Luftefüllung der Hohlräume leicht dadurch zu erweisen, dass man die Kugeln in einem umgekehrten, mit Wasser gefüllten Reagenzrohr zum Schmelzen erhitzt und so die Luft befreit, was ohne merkbare Volumenänderung derselben geschieht.

Es ist nun sehr beachtenswerth, dass bei dem Wiederaufquellen in Wasser auch die oben beschriebenen Gestaltsänderungen der Würfel und Platten völlig ausgeglichen werden und sich die frühere Gestalt und Grösse wieder sehr genau herstellen¹⁾; hieraus folgt also, dass die in der erwähnten Weise

1) So einer der oben erwähnten Würfel nach 3 tägiger Quellung in destill. H₂O wieder ganz regelmässig und Kantenlänge 8—9. Ein herausgeschnittenes Querstück der oben erwähnten Platte nach 24 stündiger Quellung Breite = 8,57, Dicke = 3. Hinsichtlich der hier und in dem Folgenden angegebenen Beobachtungen bemerke ich, dass mir dazu keine weiteren Hilfsmittel zu Gebote standen, wie ein feiner Zirkel und ein Millimetermassstab. — Obgleich diese Mittel nur dazu aus-

deformirten eingetrockneten Körper sich bei der Quellung in den verschiedenen Richtungen sehr verschieden stark ausdehnen, was ja auch zu erwarten war. Auf diesen Punkt soll später noch näher eingegangen werden.

Dass die wasserhaltige Gelatine auch beim Eintrocknen im luftverdünnten Raum keine Luft eindringen lässt, kann, wie gesagt, auf der grossen Nachgiebigkeit und Biegsamkeit ihrer Wabenwände beruhen; lässt sich diese verringern, so würde sich die Wahrscheinlichkeit vergrössern, zu dem erwünschten Ziele zu gelangen. — Diese Biegsamkeit der Wände beruht, wie später noch genauer dargelegt werden soll, meiner Ansicht nach wesentlich auf ihrer Wasserhaltigkeit; ein Theil des Wasser ist in den Wänden mit der Gelatine verbunden. Durch wasserentziehende Mittel, welche gleichzeitig im Stande sind, das Wasser in den Wabenräumen zu ersetzen und so die Schrumpfung zu verhindern, kann es gelingen die Biegsamkeit zu vermindern, also z. B. durch Alkohol. In Alkohol ist die Gelatine unlöslich, jedoch verändert er sie chemisch in keiner Weise.

Werden Würfel von Gelatine (5—20 %) vorsichtig in Alkohol von allmählich steigender Concentration gehärtet, so erleiden sie gar keine Deformation und verkleinern ihr Volumen nur verhältnissmässig wenig. — So zeigte ein 5 % Würfel von 9 mm Kl. nach der Härtung 6—7 mm Kl. Zahlreiche 20 % Würfel von 8 Kl. nach der Härtung 7—8 Kl. — Anders ist dies, wenn man sofort in absoluten Alkohol überführt. Eine Kugel von 18 mm Dm. (20 % Gel.), welche 1893 an einem Faden in absoluten Alkohol gehängt wurde, zeigte bald eine starke Runzelung ihrer Oberfläche und verkleinerte sich ziemlich stark. Nach 24 h. hatte sie die Gestalt eines unregelmässigen Octaeders angenommen, dessen Axe nahezu mit der Aufhängungsaxe zusammenfiel. Während bei Ueberführung in schwachen Alkohol sofort schwache weissliche Trübung der Gelatine eintritt, unterbleibt dieselbe in starkem Alkohol; hier wird die Gelatine so glasartig durchsichtig wie beim Eintrocknen in Luft. —

Die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens dürfte nicht so schwer sein. Bei Ueberführung in absoluten Alkohol tritt sofort ein sehr energischer osmotischer Austausch zwischen dem Alkohol und dem Wasser der Wabenräume der Gelatine auf, wobei der Diffusionsstrom des Wasser zum Alkohol geht und daher ein energisches Zusammensinken der Wabenwände herbeiführt, ähnlich wie bei der Eintrocknung in freier Luft. Bei sehr allmählicher Härtung dagegen bleibt das Uebergewicht des zum Alkohol gehenden Diffusionsstroms stets sehr schwach. Dazu gesellt sich aber jedenfalls noch ein zweites Moment, das wohl darin besteht, dass bei der sofortigen Einwirkung von absoluten Alkohol die Erhärtung der Wabenwände relativ langsam gegenüber dem sehr energischen diffusionellen Ausstrom geschieht, und sie daher dem Zusammensinken keinen oder nur sehr geringen Widerstand entgegensetzen. Bei der succesiven langsamen

reichten auf ca. $\frac{1}{2}$ mm genau die Längen zu bestimmen, glaube ich doch, dass zu einer ersten Orientirung auf diesem Gebiet die Genauigkeit ausreicht. Die erwähnten Würfel wurden mit möglichster Genauigkeit aus einer grösseren Partie Gelatinegallerte herausgeschnitten.

Erhärtung dagegen haben die Wabenwände Zeit, allmählich durch Wasserverlust eine grössere Starrheit anzunehmen, können daher offen bleiben und sich allmählich mit Alkohol erfüllen. —

Dass das richtige Verständniss dieser Vorgänge von bedeutender Wichtigkeit für die Conservirungstechnik organisirter Gewebe ist, bedarf wohl keine näherer Begründung und wurde auch schon lange erkannt.

Werden solche in absolut. Alkohol vorsichtig gehärtete Würfel an freier Luft getrocknet, so zeigen sie keine Luftaufnahme, sondern trocknen glasig ein, ähnlich wie die wasserhaltigen. — Bei der Eintrocknung in verdünnter Luft verhält sich der 5 % Würfel nicht wesentlich anders, doch wird er im Anfang vorübergehend etwas weisslich, was sich aber bald wieder verliert. Die Flächen sinken stark ein, ähnlich wie bei Eintrocknung in freier Luft. Anders verhielten sich 20 % Würfel von 8 mm Kl. Bei ihnen trat im luftverdünnten Raum sehr rasch Luft im Innern auf; es bilden sich im Innern kreideweiss erscheinende Partien, die sich allmählich vergrössern und vereinigen, unter Bildung einer centralen weissen Figur von eigenthümlicher Form (siehe die Fig. 3), die sich im Allgemeinen darauf zurückführen lässt, dass die Ecken des Würfels

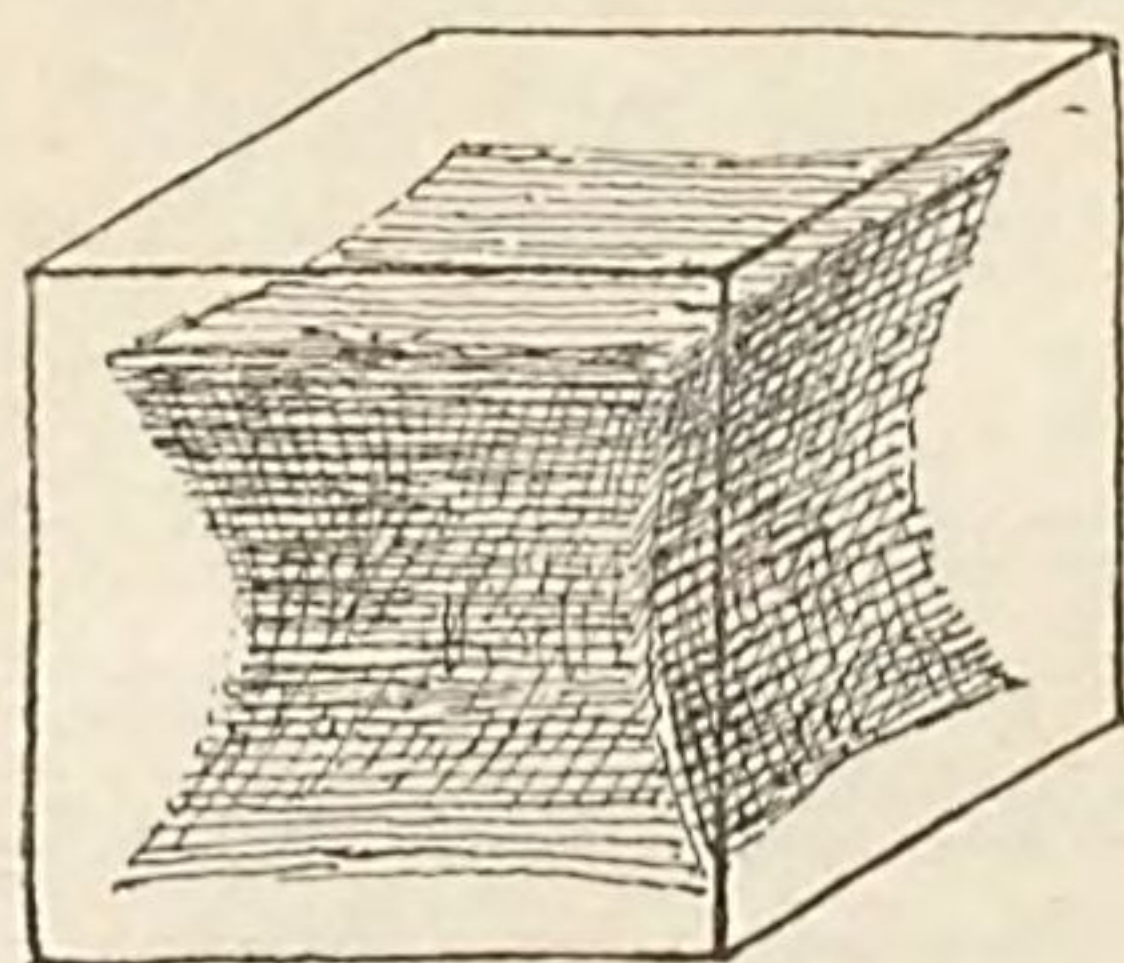


Fig. 3.

die besten Bedingungen für die Austrocknung und den raschesten Lufteintritt darbieten, die schlechtesten hingegen die Mitten der Flächen, während die Mitten der Kanten in dieser Hinsicht einen mittleren Zustand repräsentiren. Diese weisse Partie des Innern vergrössert sich rasch, wobei ihre frühere eigenthümliche Gestalt allmählich in eine würfelförmige übergeht. Die Kanten sowie die gesammte oberflächlichste Schicht des Würfels bleiben lange durchsichtig und werden zwar schliesslich auch weiss, jedoch etwas durchscheinender wie das Innere. Bei einem der Würfel erhielt sich

eine Fläche besonders hartnäckig durchsichtig, wurde jedoch schliesslich auch luftegefüllt.

Bei der geschilderten Austrocknung der 20 % Würfel unter der Luftpumpe trat sozusagen keine Volumenverkleinerung ein, denn die ausgetrockneten weissen Würfel zeigten bei der Messung mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln dieselbe Kantenlänge von 7,5 mm wie nach der Alkoholbehandlung vor dem Austrocknen.

Bringt man einen solchen weissgewordenen lufthaltigen Würfel (20 %) in destillirtes Wasser, so dringt die Luft in feinen Bläschen reichlich aus und es tritt rasch Quellung der äusseren Schichten auf, wobei dieselben natürlich ganz glasig durchsichtig werden. Nach verhältnissmässig kurzer Zeit schreitet jedoch die Luftverdrängung im Innern des gequollenen Würfels nur sehr langsam weiter, wobei zu beobachten ist, dass die noch luftegefüllte weisse Partie des Innern stets einen ganz regulären würfelförmigen Umriss bewahrt. Da die Beschleunigung der Luftverdrängung durch Auspumpen unter der Luftpumpe

sich wegen der dabei auftretenden inneren Risse nicht als zweckdienlich erwies, wurde versucht, durch Einlegen der Würfel in gut ausgekochtes und abgekühltes Wasser die weitere Verdrängung der Luft durch Absorption zu unterstützen. Bei mehrmaliger Erneuerung des ausgekochten Wassers schwand die Luftefüllung allmählich mehr und mehr, doch so langsam, dass noch am 6. Tage der innere weissliche Würfel ganz schwach angedeutet war. Die Kantenlänge des stark gequollenen Würfels betrug nun 13—14 mm. Beim Eintrocknen an freier Luft wurde er völlig glasig durchsichtig und nahm die bekannte, oben geschilderte Gestalt an.

Wurde ein solch' luftefüllter Würfel (20 %) in absoluten Alkohol eingetaucht, so liess sich kein Luftaustritt beobachten, auch in 24 h. keine merkbare Aufhellung. Als der Würfel hierauf in Xylol übergeführt worden war, ward ein Luftaustritt gleichfalls nicht wahrgenommen, dagegen zeigten sich die Kanten bald etwas aufgehellt und in 3 Tagen war vollkommen glasige Durchsichtigkeit eingetreten. Hierauf an der Luft getrocknet blieb der Würfel vollkommen klar durchsichtig; alsdann wurde die Trocknung im Wärmeschränk (bei 54° C) fortgesetzt, wobei am 2. Tage die Luftefüllung ganz in derselben Weise wie früher begann, indem sich anfänglich nur das Innere mit Luft erfüllte und die äussere Zone erst langsam und allmählich weiss wurde. Nach 15 tägiger Trocknung war der ganz reguläre Würfel durch und durch weiss und besass wie früher eine Kl. von ca. 7,5 mm.

Da, wie oben bemerkt wurde, bei der Eintrocknung der in absolutem Alkohol gehärteten 5 % Gelatine im luftleren Raum keine Luft eintrat, indem höchst wahrscheinlich die Biogsamkeit der Wabenwände wegen ihrer geringeren Dicke bedeutender ist als bei der 20 % Gelatine, so wurde versucht, ob sich durch Ueberführung solcher Würfel in anderweitige, rasch verdunstende Flüssigkeiten das gewünschte Ziel erreichen liess. Dies ist nun auch thatsächlich der Fall. — Werden derartige Würfel aus absolutem Alkohol in Terpentinöl übergeführt und darin so lange gelassen, bis völlige Durchdringung angenommen werden darf, so trat sowohl bei der Austrocknung im luftverdünnten Raum wie im Wärmeschränk (bei 54 %), unter anfänglich ziemlich beträchtlicher Schrumpfung, nach einiger Zeit Luft in die oberflächliche Schicht. Im Wärmeschränk wurden die Kanten und Ecken des Würfels weiss; unter der Luftpumpe dagegen schliesslich die ganze Oberfläche, wogegen sich das Innere durchscheinend erhielt.

Viel geeigneter für diese Versuche erwies sich Xylol. 5 % Würfel (5 Mm. urspr. Kl.), die allmählich in Xylol übergeführt worden waren, schrumpften unter der Luftpumpe nur mässig und wurden durch und durch kreideweiss. Beim Aufquellen in Wasser verhielt sich ein solcher Würfel ganz wie die oben beschriebenen von 20 %; die Luftefüllung war in 3 Tagen bis auf einen geringen Rest geschwunden. Hierauf an der Luft getrocknet, wurde der Würfel glasig durchsichtig.

Ganz ähnliche Resultate ergaben die Trocknungsversuche mit anderen quellbaren Körpern. Schon früher habe ich über die Luftefüllung von geronnenem,

und mit absolutem Alkohol behandeltem Eiweiss kurz berichtet. Wird ein Würfel von geronnenem Hühnereiweiss unter der Luftpumpe (bei ca. 6—10 mm Hgdruck) eingetrocknet, so dringt keine Luft ein, der Würfel wird so glasig und gelblich-durchsichtig wie bei der Trocknung in gewöhnlicher Luft. — Nach vorheriger Erhärtung solcher Würfel in Alkohol erzielt man beim Trocknen in verdünnter und gewöhnlicher Luft kein wesentlich besseres Resultat, wenngleich die äusserste Schicht der Würfel etwas weisslich trübe wird, also zweifellos ein wenig Luft eindringt. — Etwas besser noch wird das Ergebniss, wenn zuvor aus Alkohol in Chloroform oder Terpentinöl übergeführt worden war und dann in freier Luft oder im Wärmeschrank (54° C) getrocknet wird. Am besten erwies sich auch hier wiederum Xylol. Würfel, die aus diesem kamen, wurden bei der Trocknung in freier Luft rasch weisslich trübe und bei fortgesetztem Trocknen im Wärmeschrank schliesslich kreideweiss, bei verhältnissmässig geringer Schrumpfung. Wurde ein solcher Würfel in dest. Wasser übertragen, so trat die Luft sofort in feinen Bläschen aus; in ca. 24 h. war beträchtliche Quellung eingetreten und der Würfel hatte wieder die Beschaffenheit gewöhnlichen geronnenen Eiweisses angenommen. Dann an freier Luft getrocknet, nahm der Würfel das glasige, gelblich hornartige Aussehen des gewöhnlichen geronnenen Eiweisses im getrockneten Zustand an.

Würfel von ca. 1 % Agar-Agargallerte, deren Kl. ca. 8 mm, schrumpfen bei vorsichtiger Erhärtung in Alkohol fast nicht, werden jedoch schon in 45 % Alkohol ziemlich weisslich opak, was sich in stärkeren Alkohol noch steigert. Die Kl. betrug nach völliger Erhärtung noch ca. 8 mm. — Derartige Würfel, die in Chloroform oder Xylol übergeführt worden sind, schrumpfen sowohl bei der Trocknung in verd. Luft als im Wärmeschrank sehr stark zusammen und werden ganz unregelmässig faltig. Schliesslich tritt jedoch in beiden Fällen Luft in den verschrumpften Rückstand ein, wie man deutlich daran erkennt, dass er stark weiss und undurchsichtig wird; wogegen beim Eintrocknen des wässrigen Agar eine durchsichtige hornartige Masse restirt, von dem gewöhnlichen Aussehen dieser Substanz. — Die Lufteinfüllung folgt auch hier sicher aus dem Austritt zahlreicher Luftblasen beim Eintauchen solch' weiss gewordener Würfelreste in Wasser. Nach dem Aufquellen und dem Austritt der Luft trocknet schliesslich das in der angegebenen Weise behandelte Agar wieder in der gewöhnlichen halbdurchsichtigen Beschaffenheit ein.

Wie aus dem Mitgetheilten folgt, gelingt es bei den untersuchten Körpern meist schon durch Ueberführung in Chloroform, Terpentinöl oder Xylol (unter welchen, wie es scheint, das letztere den Vorzug verdient) und darauf folgende Austrocknung in freier Luft, das Eindringen von Luft in die Wabenräume hervorzurufen; leichter und sicherer, auch direct aus Alkohol, geschieht dies jedoch bei Austrocknung unter der Luftpumpe. — Es ist ersichtlich, dass das hier angewendete Verfahren, zu welchem ich durch die Vorstellungen, die ich mir von der Beschaffenheit quellbarer Körper allmählich gebildet hatte, durch Ueberlegung gelangte, thatsächlich ganz dasselbe ist, welches schon vor län-

gerer Zeit von S e m p e r (1881) zur Herstellung von Trockenpräparaten organisirter Gewebe und Körper eingeführt wurde; es handelt sich ja bei diesen durchweg um die Präparation quellbarer Körper. Das kreideweisse Aussehen solch' Semper'scher Präparate verräth schon, dass sie gleichfalls durchaus luftefüllt sind, und dass in den obigen Erörterungen auch die Erklärung für den wesentlichen Vorgang bei der Herstellung solcher Trockenpräparate gegeben ist. In manchen, vielleicht den meisten Fällen mag auch, worauf meine Erfahrungen hinweisen, das Xylol vor dem Terpentinöl bei der Herstellung solcher Präparate Vorzüge haben und ebenso würde vermuthlich die Austrocknung in verdünnter Luft in schwierigen Fällen vortheilhaft sein¹⁾.

Es darf vielleicht besonders hervorgehoben werden, dass das Weiss- und Lufthaltigwerden der 3 oben geschilderten Körper bei der Austrocknung unter der Luftpumpe oder in gewöhnlicher Luft nicht etwa durch künstliche Rissbildungen hervorgerufen wird. Für die Austrocknung in gewöhnlicher Luft ist dies ja von vornherein höchst unwahrscheinlich; für die Trocknung in verdünnter Luft dagegen liesse sich eventuell dergleichen vermuthen. Es muss daher betont werden, dass sich nie etwas von Rissen oder Sprüngen wahrnehmen liess, auf welchen etwa die Luft in das Innere hätte dringen können und dass weiterhin auch nach dem Wiederaufquellen der luftefüllten Substanzen keine Spur von Zerreissungen wahrzunehmen ist, die Stücke vielmehr das völlig normale Aussehen der gewöhnlichen in Wasser gequollenen Substanz besitzen. — Sowohl die lufthaltige 20 % Gelatine, wie das aus Xylol eingetrocknete 1 % Agar habe ich auf feinen Schnitten mikroskopisch untersucht und die äusserst feinschaumige, z. Th. etwas faserige Structur deutlich beobachtet, wie ich sie früher schon für geronnene quellbare Substanzen geschildert habe.

Für die Beurtheilung der quellbaren Körper dürften genauere Feststellungen von Interesse sein, in welcher Quantität sie bei geeigneter Manipulation Flüssigkeiten aufzunehmen vermögen, in denen sie eigentlich gar nicht quellbar sind. Weder trockene Gelatine noch Agar sind in wasserfreiem Alkohol, Chloroform oder Xylol irgendwie quellbar; welch' ansehnliche Quantitäten dieser Flüssigkeiten jedoch in diese Körper einzuführen sind, lässt sich aus einigen wenigen Bestimmungen entnehmen, welche ich hierüber vorgenommen habe. —

Ein Würfel von 5 % wässriger Gelatine erwies sich nach der vollkommenen Erhärtung in wasserfreiem Alkohol, der natürlich mehrmals gewechselt worden

1) Dass dieses Verfahren, zu dem ich durch theoretische Vorstellungen über die Bauverhältnisse quellbarer Körper geleitet wurde, jedoch auch für die Sichtbarmachung eben dieser feinen Structurverhältnisse von ganz besonderem Werth sein muss, ist klar. Ich werde denn auch in einer besonderen kleinen Mittheilung darlegen, dass es durch Anwendung dieses Verfahrens leicht gelingt, in scheinbar ganz structurlosen thierischen Gallarten die vermuthete feine Structur deutlich nachzuweisen. — Da diese Dinge in den Rahmen vorliegender Mittheilung nicht recht passen, werde ich darüber demnächst besonders berichten. (Ist seither geschehen; s. Verh. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg N. F. Bd. V Hft. 4 „Ueber Structuren künstlicher und natürlicher quellbarer Substanzen“.)

war, zusammengesetzt aus 17,5 % trockner Gelatine und 82,5 % Alkohol ¹⁾, es hatten sich bei der Erhärtung 0,6384 Wasser gegen 0,1578 Alkohol ausgetauscht.

Ein Würfel von ursprüngl. ca. 1 % wässrigem Agar, der in Alkohol gehärtet war, bestand aus 1,62 % trockenem Agar und 98,4 % Alkohol; derselbe Würfel darauf in Chloroform ergibt sich nun zusammengesetzt aus 0,97 % Agar und 99,3 % Chloroform. Es hatten sich ausgetauscht 0,3654 Alkohol gegen 0,6121 Chloroform ²⁾; berechnet man nach diesem Umtauschverhältniss — unter der Voraussetzung, dass sich das Volum des Würfels nicht geändert habe, was ja annähernd richtig ist, sich also gleiche Volumina Alkohol und Chloroform ausgetauscht hätten — aus dem spezif. Gewicht des Alkohols = 0,794, das spezif. G. des Chloroforms, so erhält man die Zahl 1,564 an Stelle der richtigen 1,489, jedenfalls eine ziemlich weitgehende Annäherung. — Ein ebensolcher Würfel von 1 % Agar der aus Alkohol 0,4482 wog, wog nach 30 stündigem Aufenthalt in Terpentinöl 0,4450, während die spezif. G. von Alkohol und Terpentinöl 0,794 und 0,855 sind.

Jedenfalls geht aus diesen wenigen Erfahrungen hervor, dass solch' indifferente Flüssigkeiten sich innerhalb quellbarer Körper annähernd in gleichen Volumenverhältnissen austauschen, was mit der Auffassung, dass diese Körper im gequollenen Zustand von einem System feinsten wabiger Räume durchsetzt sind, wohl harmonirt. Nach den vorliegenden, obgleich, wie gesagt, nur wenig ausgedehnten Versuchen, lässt sich auch nicht bezweifeln, das es leicht sein wird, auf dem angegebenen Wege, ausser den schon verwendeten, die allerver- schiedenartigsten Flüssigkeiten und Lösungen in ansehnlicher Menge ins Innere der gequollenen Substanzen einzuführen. Da nun diese Flüssigkeiten, wie bemerkt, gar kein irgend erhebliches Lösungs- oder Quellungsvermögen für die betreffenden quellbaren Substanzen besitzen, so müssen sie, wie gesagt, in ein Hohlraumssystem eindringen und dieses anfüllen, welches System auch in dem durch die eigentlichen Quellungsmittel erzeugten Quellungszustand schon vorhanden sein muss. Der quellbare Körper muss aus einem mikroskopisch-feinen Gerüst- werk fester Substanz bestehen, dessen Hohlräume von Flüssigkeit erfüllt sind. Die Auffassung der gequollenen Körper, als zusammengesetzt aus Micellen- oder Molekülgruppen, die von mehr oder weniger ansehnlichen Wasserhüllen umgeben sind, welche durch die spezif. Anziehung dieser Micellen zu den Wassermolekülen festgehalten werden, wie sie von Nägeli, Reincke u. vielen A. entwickelt wurde, scheint mir mit den geschilderten Thatsachen unverträglich. Denn, wenn wir an Stelle dieser micellaren Wasserhüllen eine Menge anderer Flüssigkeiten wie Alkohol, Chloroform, Xylol, Terpentinöl bringen können,

1) Gew. des v. Alkohol erf. Würfels = 0,1914

Gew. des bei 100° getr. Würfels = 0,0336

daher Alkohol = 0,1578.

2) Gew. d. 1 % Agarwürfels aus Alkohol = 0,3714

Gew. dieses Würfels nach 48 stünd. Behandl. mit Chloroform = 0,6181

Trockensubstanz dieses Würfels (bei 110° getr.) = 0,0060.

welche Flüssigkeiten für sich ganz unfähig sind Quellung der betreff. Substanzen hervorzurufen, auf welche daher auch die Micellen des quellbaren Körpers keine Anziehung ausüben können, so steht dies mit der erwähnten Theorie in Widerspruch. Wollte man dieselbe auch auf die Durchtränkung quellbarer Körper mit den indifferenten Flüssigkeiten ausdehnen, so müsste man eine erhebliche micellare Anziehung für diese Flüssigkeiten zugeben, was unmöglich erscheint.

Da die Versuche ergaben, dass der Luftdruck, wie es voraus vermuthet wurde, von Einfluss auf das Verhalten gequollener Körper bei der Eintrocknung ist, so liess sich fragen, ob nicht auch die Quellung dieser Körper durch den Druck der Luft beeinflusst werde, also im Vacuum eine stärkere Quellung stattfinde. — Ein in dieser Richtung angestellter Versuch ergab jedoch keinen nennbaren Unterschied. Von 2 nahezu gleichgrossen gewogenen Stücken trockener Gelatine, die nebeneinander aus einem grösseren Stück herausgeschnitten worden waren, wurde das erste in gewöhnlicher Weise in destillirtem Wasser, das zweite dagegen im Vacuum über der Quecksilbersäule einer Barometerröhre, welche über dem Quecksilber eine 7 cm hohe Säule von gut ausgekochtem destill. Wasser trug, gequellt. Nach einer Quellung von 6 h. wurden die beiden Stücke wieder gewogen. Beide Stücke hatten nahezu die gleiche Wassermenge aufgenommen: 1. enthielt nun 76,42 % H_2O , 2. 76,13 %, eine Differenz, welche kaum die Fehlergrenzen überschreiten dürfte und zudem in einer der erwarteten entgegengesetzten Richtung liegt. —

2. Versuche über die Bedingungen der verschiedengradigen Aufquellung eines Körpers in den verschiedenen Dimensionen.

In meinem Bericht von 1894 (p. 11 d. S.) wies ich schon darauf hin, dass meine Ansicht über den Bau der quellbaren Substanzen wohl auch eine Erklärung für die eigenthümliche Erscheinung geben könne, dass die Quellung manchmal in verschiedenen Richtungen von verschiedener Stärke ist, d. h., dass die Vergrösserung des quellenden Körpers in verschiedenen Dimensionen häufig sehr ungleich ist; ein Fall, welcher namentlich bei der Quellung pflanzlicher Zellmembranen gewöhnlich beobachtet wird und unter Umständen dazu führt, dass in gewisser Richtung überhaupt keine Vergrösserung, sondern Verkürzung eintritt. Ich suchte diese Erscheinung auf ungleichmässiges Austrocknen der wabig structurirten gequollenen Körper zurückzuführen. Wird nämlich bei der Trocknung die Verkleinerung der Waben in einer bestimmten Richtung durch gewisse Kräfte gehindert, so müssen sich die Waben bei der Eintrocknung in den beiden darauf senkrechten Richtungen stärker verkleinern und dem entsprechend auch bei der Wiederaufquellung in diesen Richtungen allein oder doch viel stärker aufquellen. Die oben geschilderten Versuche über die Quellung eingetrockneter Gelatinewürfel haben gezeigt, dass diese im Allgemeinen gleichmässig nach den verschie-

denen Dimensionen quellen, abgesehen von der Wiederherstellung der Deformationen. Eine Kugel hochprocentiger Gelatine vergrössert bei der weiteren Quellung in Wasser ihre Dimensionen allseitig gleichmässig, bleibt daher kuglig.

Es ist nun aber sehr leicht Gelatine herzustellen, welche in verschiedenen Richtungen verschieden stark quillt, ja sich in einer Richtung sogar verkürzt. Dazu ist nur nöthig einen Gelatinestreif freihängend und durch ein am unteren Ende angebrachtes hinreichendes Gewicht in gedehntem Zustand einzutrocknen. Zu diesem Zweck habe ich am oberen und unteren Ende solch' rechteckiger Streifen einen queren Streif von starkem Carton angeklebt, der sehr fest haftet; hierauf den oberen Cartonstreif in einer Klammer befestigt und an dem unteren eine Fadenschlinge angebracht, an welche die Gewichte gehängt werden konnten.

Die Resultate zweier solcher Versuche waren folgende:

I. Streif von 5 % Gelatine, unbelastet: L. = 69 mm

Br. = 24 „

D. = 2 „

Der Streif wurde nun aufgehängt und successive in dem Maasse, als er eintrocknete und daher tragfähiger wurde, mit 2 gr bis zu 60 gr belastet. In 1½ Tagen war die Trocknung vollzogen.

Die Dimensionen des getrockneten Streifs jetzt: L. = 69,5 mm

in der Mitte Br. = 5,0 „

„ „ „ D. = 0,48 „¹⁾

Hierauf wurde ein mittleres Stück des Streifs herausgesägt, von folgenden Dimensionen:

L. = 28,25

in der Mitte Br. = 5,0

an den Enden Br. = 7,25, resp. 6,0

in der Mitte D. = 0,48 (0,54—0,61).

Nach 39 stündiger Quellung waren die Dimensionen:

L. = 27	= 4,4 % Verkürzung	} der Dimensionen vor der Quellung.
Br. = 24,6	= 392 % Verlängerung	
D. = 2,5	= 421 % „	

II. Streif von 5 % Carbolgelatine (2 % Carbolwasser), ziemlich brüchig und dehnbar.

Dimensionen unbelastet: L. = 61 mm

Br. = 32 „

D. = 5,5 „

successive belastet mit 4—10 gr; am 3. Tage ganz eingetrocknet.

1) Da die Streifen, wie angegeben, oben und unten an quere Cartonstreifen angeklebt waren, so behielten sie natürlich bei der Trocknung die rechteckige Gestalt nicht bei; vielmehr wurde jede der Längsseiten eine concave Linie, da ja an dem Carton die aufgängliche Breite sich erhielt und von da aus die Breite bis zur Mitte successive abnahm. Die Dicke an den beiden Rändern ist gewöhnlich nicht ganz gleich, daher wurde das Mittel derselben eingesetzt.

Besitzt nun folgende Dimensionen: L. = 69,5
 in der Mitte Br. = 5,4
 " " " D. = 0,8 (Randwulst 1,49).

Mittlerer herausgeschrittener Streif hat die L. = 31.

Nach 72 h. Quellung in destill. Wasser sind die Dimensionen dieses Streifs:

L. = 29,5 = 4,8 % Verkürzung	} der Dimensionen vor der Quellung
Br. = 18,0 = 233 % Verlängerung	
D. = 4,5 = 462 % " "	

Wenn die in Frage stehenden Vorgänge wirklich auf dem wabigen Bau der Gelatine beruhen, wie vorausgesetzt wurde, so war zu erwarten, dass sie sich noch dadurch vergrößern liessen, dass man diesen Bau gewissermassen künstlich steigerte. Man kann dies in der Weise ausführen, dass man eine feine Gelatineölemulsion herstellt in der früher von mir geschilderten Art (1892, 2, p. 3 d. Sp. A.), die also ein von Oel erfülltes gröberes Wabenwerk darstellt. — Streifen einer solchen Emulsion, die aus gleichen Volumina ca. 10 % Gelatine und Olivenöl dargestellt waren, erwiesen sich viel dehnbarer wie gewöhnliche Gelatine entspr. Gehalts, was aus den gleich zu erwähnenden Zahlen im Vergleich mit den erstaufgeführten hervorgeht.

I. Streif von Gelatineölemulsion unbelastet liegend: L. = 78 mm
 Br. = 24 " "
 D. = 2,3 "

frei aufgehängt (L. = 80), darauf successive mit 4—10 gr belastet; nach der Austrocknung die Dimensionen:

 L. = 90,5
 in der Mitte Br. = 15,8
 " " " D. = 1,3—1,7.

II. Streif unbelastet liegend: L. = 65 mm
 Br. = 15 " "
 D. = 2,3 "

darauf sofort mit 20 gr belastet und später 30; der Streif dehnt sich sehr stark aus und zeigt nach der Trocknung folgende Dimensionen:

 L. = 116
 in der Mitte Br. = 6
 " " " D. = 1,1 ca.

Hierauf 2 Streifen aus der Mitte von II herausgeschnitten (IIa und IIb).

Dimensionen v. IIa L. = 29,3
 am schmälern Ende Br. = 6
 D. = 1,1
 am breiteren Ende D. = 1,6—1,1

hierauf in destill. Wasser 72 h gequellt

$$\begin{array}{lcl} \text{Dimensionen: } L. = 21,5 & = & 26,6 \% \text{ Verkürzung} \\ & & \text{Br.} = 14 \quad = 133 \% \text{ Verlängerung} \\ & & D. = 3,3-2,6 = \text{ca. } 114 \% \quad „ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} L. \\ Br. \\ D. \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{der Dimensionen} \\ \text{vor der} \\ \text{Quellung.} \end{array}$$

Aus dem Streif IIb wurde durch hinreichend lange Behandlung mit einem Gemisch von Alkohol und Aether das Oel völlig entfernt und hierauf getrocknet; der lufttrockene, seidenartig weissglänzende Streif hatte darauf folgende Masse:

$$\begin{array}{l} L. = 28,6 \\ \text{Br.} = 7,5 \\ D. = 1,0 \text{ ca.} \end{array}$$

Nach 48 stündiger Quellung betrugen die Masse:

$$\begin{array}{lcl} L. = 22 & = & 23 \% \text{ Verkürzung} \\ \text{Br.} = 15 & = & 100 \% \text{ Verlängerung} \\ D. = \begin{array}{l} 2,2-2,8 \\ 2,5-3 \end{array} & = & 162 \% \text{ ca. } „ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} L. \\ Br. \\ D. \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{der} \\ \text{Dimensionen} \\ \text{vor der} \\ \text{Quellung.} \end{array}$$

Wie zu erwarten war, ist es mit den Emulsionsstreifen möglich, weit grössere Differenzen der Quellung in verschiedenen Dimensionen zu erzielen, was nur auf der besonderen Beschaffenheit, welche ihnen der grob-wabige Emulsionscharacter verleiht, beruhen kann. Bei der Dehnung eines solchen Streifen durch den Zug des Gewichts müssen die Waben, denen wir im Allgemeinen eine polyedrisch-kuglige Gestalt zuschreiben müssen, eine Streckung erfahren, indem diejenigen Wände, welche nicht parallel oder senkrecht zu der Zugrichtung verlaufen, sich dieser mehr nähern, d. h. nun einen kleineren Winkel mit dieser Richtung bilden. — Ein eigentliches Zusammentrocknen der mit Oel gefüllten Wabenräume kann natürlich nicht stattfinden, da der Oelinhalt bei der Trocknung nicht schwindet. Dennoch findet eine Verringerung des Volums der erfüllten Wabenräume sicher statt, denn man beobachtet bei der Trocknung der gedehnten Emulsionsstreifen deutlich, daß Oel ausgepresst wird und langsam am unteren Ende des Streifs abtropft. Das dies stattfinden muss, ist ja erklärlich, da die Gelatinwände der Waben bei der Eintrocknung sich verkürzen müssen und daher der Oelinhalt unter Druck gesetzt wird, was eine Filtration des Oels durch die wasserhaltigen Gelatinewände hervorrufen muss. Endlich trocknen die Gelatinewände völlig aus und werden starr, so dass sich die mit Oel gefüllten Wabenräume, auch nach Aufhören des Zugs, in ihrer gestreckten Gestalt erhalten.

Bei erneuter Quellung in Wasser wird der frühere Quellungszustand der Gelatinewände wieder allmählich hergestellt, sie werden sich daher vergrössern und das Volumen der Waben sich ebenfalls entsprechend vergrössern, daher wird nun Wasser neben dem Oel in den Wabeninhalt eintreten. Da nun das eingetretene Wasser etwas Gelatine auflöst, so gesellt sich hierzu weiter ein endosmotischer Einstrom von Wasser in die Wabenräume und ein gewisser osmotischer Druck im Innern derselben. Dieser aber muss zur Wirkung haben, dass die gestreckte Gestalt der Waben sich wieder der ehemaligen zu nähern strebt,

dass demnach eine Verkürzung in der früheren Streckungsrichtung der Wabenräume eintritt. Dass das Oel der Waben als solches keine Rolle spielt, geht ja auch daraus hervor, dass der von Oel befreite und getrocknete luftführende Streif IIb sich in ganz entsprechender Weise bei der Eintrocknung verkürzte (wenn auch etwas weniger). Dass nicht etwa die Wiederherstellung früherer Elasticitätsverhältnisse der im gedehnten oder gespannten Zustand eingetrockneten Wabenwände die Wiederherstellung der ursprünglichen Gestalt der Waben bedinge, scheint mir auch daraus hervorzugehen, dass die Verkürzung bei der Quellung, welche in den beiden Streifenstücken der Emulsion erzielt wurde, keineswegs der durch Dehnung hervorgerufene Verlängerung entspricht. IIa verkürzte sich von 29,3 auf 21,5, IIb von 28,6 auf 22 mm; berechnet man dagegen die Verkürzung entsprechend der Verlängerung von 65 auf 116 mm, so hätte sich IIa auf 16,4, IIb auf 16,6 mm verkürzen müssen, wobei noch zu berücksichtigen ist, dass die Streckung der Waben in der mittleren Region des Streifs jedenfalls die bedeutendste ist, wie aus seiner geringeren Breite in der Mitte folgt. — Hinsichtlich der so auffallenden Unterschiede in der Quellung gewöhnlicher getrockneter Gelatinestreifen nach verschiedenen Dimensionen, wie sie die beiden oben mitgetheilten Versuche ergeben haben, bin ich der Ansicht, dass sie wesentlich in derselben Weise zu erklären sind wie die Erscheinungen bei den Emulsionsstreifen. Hier handelt es sich nur ausschliesslich und allein, um die minutiösen Wabenräume der erstarrten Gelatinegallerte, deren Verhalten bei der Dehnung, Trocknung und Wiederaufquellung jedoch in derselben Weise zu beurtheilen ist, wie wir es oben für die gröberen ölerfüllten Wabenräume der Emulsionsstreifen versuchten. —

Von anderen quellbaren Körpern habe ich bis jetzt nur mit geronnenem Hühnereiweiss einen ähnlichen Versuch angestellt, der jedoch gleichfalls die sehr verschiedengradige Quellungsausdehnung unter den gleichen Bedingungen lehrt.

Ein Streif von geronnenem Hühnereiweiss, der eine ursprüngliche Breite von 18,5 und eine Dicke von 6,0 besass, wurde aufgehängt und belastet, riss jedoch mehrfach ab, weshalb ich leider die ursprüngliche Länge nicht anzugeben vermag. — Nach succesiver Belastung mit 10—30 gr und erfolgter Eintrocknung hatte der Streif folgende Maasse:

$$\begin{array}{l} L. = 45 \\ \text{in der Mitte Br.} = 14 \\ \text{„ „ „ D.} = 2,9. \end{array}$$

Der Streif war in der Querrichtung etwas gekrümmt und ohne seitlichen Randwulst. Darauf ein mittleres Stück von 21 mm Länge herausgesägt und gequellt, zeigte nach 24 h. folgende Masse:

$$\begin{array}{l} L. = 29,5 = 40,5 \% \text{ Verlängerung} \\ \text{in der Mitte Br.} = 20 = 42,8 \% \text{ „ } \\ \text{„ „ „ D.} = 5 = 72 \% \text{ „ } \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{der} \\ \text{Dimensionen} \\ \text{vor der Quellung.} \end{array} \right\}$$

Wie aus den obigen Versuchen sich ergibt, besteht beim Aufquellen der unter den gegebenen Bedingungen getrockneten Streifen stets ein sehr bedeu-

tender Unterschied in dem Quellungsmaass der Dicke und der Breite, ein Unterschied, welcher im Allgemeinen parallel geht mit der in den betreffenden Dimensionen durch das Eintrocknen hervorgerufenen Verkleinerung. Diese erheblichere Verkleinerung und spätere Wiederrzunahme der Dicke steht nun einerseits in Zusammenhang mit der Einrichtung der Versuche, bei welchen die Streifen an Carton angeklebt waren, wodurch bei der Trocknung auch ein Widerstand gegen die Zusammenziehung in der Querrichtung gegeben war, der gegen die Mitte der Streifen ein Minimum erreichte, wesshalb hier auch die stärkste Abnahme der Breite eintrat. Dieser Umstand, wie auch die Bildung eines festeren Randwulstes bei den gewöhnlichen Gelatinestreifen, der wie ein Rahmen den Streifen umzieht, müssen bewirken, dass sich zu dem Zug in der Längsrichtung ein weiterer in der Querrichtung gesellt, durch deren Zusammenwirken sich erklärt, dass die Wabenräume beim Eintrocknen die bedeutendste Verkleinerung in der Dickenrichtung erfahren müssen. —

3. Versuche über das Verhalten gedehnter zelliger oder quellbarer Körper bei verschiedenen Temperaturen etc.

Oben wurde darauf hingewiesen, dass durch Dehnung gestreckte Wabenräume bei einem durch das Vergrösserungsstreben ihres Inhalts hervorgerufenen Druck sich der Normalgestalt wieder nähern, also verkürzen müssen. Diese Voraussetzung auf die quellbaren Körper angewendet, scheint die Möglichkeit zu ergeben, die Richtigkeit der Ansicht über deren wabigen Bau zu prüfen. — Ein durch Belastung gedehnter Körper, dessen Waben eine derartige gestreckte Gestalt angenommen haben, muss sich also verkürzen, wenn wir den Inhalt der Waben, sei es durch Temperaturerhöhung oder sonst wie, zur Ausdehnung bringen; ein solcher Körper muss daher im gedehnten Zustand die Eigenschaft zeigen, welche man zuerst bei Kautschuck wahrgenommen und die Engelmann (1893) neuerdings auch für gequollene Darmsaiten nachgewiesen hat: nämlich sich im gedehnten Zustand bei Temperatursteigerung nicht zu verlängern sondern zu verkürzen.

Es schien mir angezeigt, die allgemeine Richtigkeit der Voraussetzung an gewissen Körpern zu prüfen, welche einen bekannten grobzelligen Bau besitzen. Obgleich dies nicht die ersten derartigen Versuche waren, welche ich vornahm, glaube ich sie doch hier an erster Stelle besprechen zu sollen.

Als geeignet zu solcher Prüfung erschien mir das zellige Mark der Pflanzen, Hollunder- und Sonnenblumenmark. In Alkohol aufbewahrtes derartiges Mark wurde an der Luft völlig ausgetrocknet, so dass alle Zellräume mit Luft gefüllt waren und dann mit scharfem Rasirmesser daraus möglichst regelmässige, aus reinem Mark bestehende Streifen geschnitten. Die beiden Enden eines solchen Streifs wurden in flache, eigens zu diesem Zweck gefertigte Klammern fest eingespannt, von denen die obere aus Messing, die untere aus Aluminium bestand

(Gew. 5,5 gr). Jede Klammer war mit einem gebogenen Häkchen zum Aufhängen, respect. das der unteren zum Anhängen von Gewichten, versehen. Zur Messung der Längenänderung des Streifs diente ein an schwerem Eisengestell senkrecht verschiebbares horizontales Mikroskop; beobachtet wurde mit Seibert's Objectiv No. 0 und einem in 100 Theilstriche getheilten Ocularmicrometer, von dem 1 Theilstrich unter den gegebenen Verhältnissen eine Länge von 0,0175 mm anzeigte. Als Ablesungsmarke diente in der Regel der scharf sichtbare obere Rand der unteren Klammer; nur bei einzelnen, später zu beschreibenden Versuchen wurde auf den Streifen in der Nähe des unteren Endes eine besondere Marke angebracht, meist in der Weise, dass der flache Knopf einer feinen Stecknadel in den Streif eingesteckt wurde. In den meisten Fällen war es möglich, die Stellung der Marke auf einen halben Theilstrich des Mikrometers genau abzulesen. Das obere Ende der Streifen wurde mittels der Klammer an den Arm eines festen eisernen Retortenhalters sicher befestigt und der Streif in ein schmales leeres mit planen oder auch cylindrischen Wänden versehenes Glas eingehängt, so dass der untere Rand der oberen Klammer mit dem Rand des Gefässes abschnitt und die Oeffnung des Gefässes durch Pappdeckelstücke möglichst geschlossen. Ein Thermometer tauchte etwa bis in die Mitte des Gefässes ein.

Es war zunächst die Frage zu beantworten, wie sich ein solcher Markstreif in gedehntem Zustand bei Erhöhung der Temperatur verhält. Das Gefäss, in welches der Streif eintauchte, stand auf einem Sandbad und war von unten zu erhitzen; in einem Fall wurde es auch durch blosse Annäherung der Beleuchtungsflamme erwärmt.

Als Resultate ergaben sich bei einem Streif von Hollundermark, dessen $L. = 87$, $Br. = 8$ und $D. = 6,5$ mm und der am unteren Ende mit 15,5 gr belastet war:

- a. bei einer Erhöhung der Temp. von $27-40,2^{\circ}$ 1,05 mm Verkürzung
- b. „ „ „ „ „ „ $23,5-50^{\circ}$ 0,875 „ „

Bei Belastung desselben Streifs mit 50 gr:

- c. bei Erhöhung der Temp. von $24-38^{\circ}$ 0,682 mm Verkürzung.

Ein lufttrockener Streif von Sonnenblumenmark, dessen $L. = 84$, $Br. = 9,5$, $D. = 1,5$ mm, ergab bei einer Belastung von 15,5 gr bei Erhöhung der Tp. von $19-25,2^{\circ}$ eine Verkürzung von 1,1550 mm¹⁾.

Die Resultate dieser Versuche standen demnach ganz in Einklang mit den Erwartungen. Da jedoch die Cellulosesubstanz der Zellwände der Markstreifen eine quellbare Substanz ist, über deren besondere Eigenschaften erst Aufklärung gesucht wird, so schien es mir angezeigt, zur weiteren Bestätigung, dass die gefundene Verkürzung bei Temperaturerhöhung thatsächlich auf der Ausdehnung der Luft im Innern der Zellräume beruhen kann, auch zu versuchen, die Aus-

1) Das Genauere über diese Versuche siehe im Anhang in den Tabellen I und II.

dehnung der Luft in anderer Weise, nämlich durch Verdünnung der umgebenden Luft zu bewirken.

Zu diesem Zweck wurde der oben erwähnte Streif von lufttrockenem Sonnenblumenmark (L. = 84, Br. = 9,5, D. = 1,5) in einer weiten Glasröhre an einem quer in derselben angebrachten Messingstäbchen bei 15,5 gr Belastung aufgehängt, das obere Ende der Glasröhre mit gut schliessendem Kautschuckpropf durch den eine rechtwinklig gebogene Glasröhre ging, geschlossen und diese mit der Wasserluftpumpe verbunden. In 2 Versuchen wurden folgende Resultate erhalten, die ich vollständig aufführe.

I. Versuch 27/XII. 94.

	Luftdr. cm Hg.	Stand d. unt. Rds. d. Strfs.	
	76	17	
Ausgep.	66	19	Ges. Verkürz. 23 Thlstr. = 0,402 mm.
	56	21	
	46	24	
	36	27	
	26	30 (29)	
	16	32 (31)	
Zeit	6	40 (34)	
Luftzutr.			
5 h. 10 p.	76	—40	
ca. 5,30	76	—48	
7,10	76	—41	
28/XII. 10 h. a.	76	—32	

II. Versuch 28/XII. 94.

	Zeit.	Luftdr. cm Hg.	Stand d. unt. Rds. d. Strfs.	
		76	28	
10 h. 3 a		66	30	Ges. Verkürz. 37 Thlstr. = 0,647 mm.
		56	33	
		46	37	
		36	40	
		26	45	
	10,32	16	52	
	— 35		51	
	— 37		65	
	— 38	6	63	
	— 40		59	
	10,40	16	31	
	— 50	15	28	
	— 52	30		
	— 55		16	
	11,0	31	13	
	11,0	36		
	— 5	36	9	
	11,5	47		
	— 10	47	3	
	— 10	56		
	— 15		—2	
	— 15	66		
	— 20		—6	
	— 20	76		
	— 25	76	—9	
	12,55 p.	76	—7	
	6 h. p.	76	—2	

Wie die obigen Versuchsergebnisse zeigen, wurde die Erniedrigung des Luftdrucks successive um je 10 cm Hg vorgenommen und die Ablesung stets 5 Minuten nach der Herstellung des bezüglichen Drucks vorgenommen. Dabei

zeigte sich bei stärkerer Erniedrigung des Drucks (auf 16 u. 6 cm), dass die eingetretene Verkürzung nicht bestehen blieb, obgleich keine Aenderung des Drucks eintrat, sondern dass sie nach wenigen Minuten zurückzugehen begann. Dies wurde auch auf den beiden Tabellen angedeutet. Den Grund dieser Erscheinung wird man wohl unbedenklich im Luftaustritt aus den Zellräumen suchen dürfen.

Sehr bemerkenswerth erscheint das Verhalten der Streifen bei der Wiederherstellung des gewöhnlichen Luftdrucks, welche bei Versuch I plötzlich, bei Versuch II allmählich, successive geschah. In beiden Fällen verlängerte sich der Streif beträchtlich über die ursprüngliche Länge hinaus, um sich darauf langsam wieder ein wenig zu verkürzen. In Versuch I betrug diese bleibende Verlängerung 0,957, in Versuch II bei langsamerer Wiederherstellung des normalen Drucks 0,525 mm.

Auch diese Erscheinung dürfte wohl mit dem bei der Luftverdünnung eingetretenen Luftaustritt aus den Zellräumen zusammenhängen; denn wenn das in den gestreckten Zellräumen enthaltene Luftvolum bei der vorhergegangenen Verdünnung durch theilweisen Austritt verringert wurde, so wird das Luftvolum in den Wabenräumen auch nach Wiederherstellung des gewöhnlichen Drucks ein verkleinertes sein und die Zellen werden daher eine noch gestrecktere Gestalt wie ursprünglich annehmen, d. h. die Gesamtlänge des Streifs wird eine grössere werden müssen.

Hinsichtlich des Einflusses der Temperatur habe ich nun Streifen von Gelatine (5 %) untersucht, die einige Zeit mit concentrirter wässriger Lösung von Chromalaun behandelt und darauf gut ausgewaschen worden waren. Durch diese Behandlung wird die Gelatine bekanntlich unlöslich, ohne ihre Durchsichtigkeit und Quellbarkeit zu verlieren und lässt sich daher in Wasser eingetaucht stark erhitzen, ohne sich zu lösen. In gleicher Weise wurden ferner Streifen der schon früher erwähnten Gelatineölemulsion untersucht, die ebenfalls durch Chromalaun unlöslich gemacht worden waren.

Einige Versuche endlich wurden mit gewöhnlicher gequollener Gelatine und mit geronnenem Eiweiss vorgenommen. Bei allen diesen Körpern trat bei Erhöhung der Temperatur (die jedoch nicht über 50–60°) gesteigert wurde, eine ansehnliche Verkürzung ein. Ich will an dieser Stelle die Ergebnisse der Versuche nicht ausführlich darlegen, sondern verweise desshalb auf den Anhang. Beispielsweise führe ich an, dass sich ein Chromgelatinestreifen (5 %) von 34 mm L., 15 Br. und 5,5 D. bei der Erwärmung von 23° auf 40° insgesamt um 1,015 mm, bei einer zweiten Erwärmung von 18 auf 24,6° um 0,192 mm verkürzte. Ein Streifen von Gelatineölemulsion (L. 80,5, Br. 11, D. 3) verkürzte sich bei der Steigerung der Temperatur von 18,5–30° um 0,542 mm, bei einer zweiten Steigerung von 20,5–25° um 0,367 mm. Ein in Wasser aufgequollener Streif gewöhnlicher Gelatine (L. 64, Br. 17, D. ca. 1,8) verkürzte sich bei Steigerung der Tp. von 2–19,9° um 0,385 mm, bei einer zweiten Steigerung von 18,2–23,9° um 0,228 mm. Bei einer Vergleichung der im Anhang mitgetheilten genaueren Tabelle (V) über

diesen Gelatinestreif ergibt sich, dass derselbe gegen sehr geringe Temperaturschwankungen so empfindlich ist, dass er ähnlich wie der trockne luftgefüllte Sonnenblumenstreif zu annähernden Temperaturbestimmungen bis auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ dienen könnte. — Während bei den untersuchten Chromgelatine- und Chromgelatine-emulsionsstreifen bei der Wiederabkühlung in d. R. die Wiederausdehnung nicht unbeträchtlich hinter der Verkürzung zurückblieb, worüber die Tabellen näheren Aufschluss geben, dehnte sich dagegen der Streifen gewöhnlicher Gelatine in den Grenzen der untersuchten Temperaturintervalle wieder ziemlich genau auf die ursprüngliche Länge aus.

Bemerkenswerth verhielten sich in dieser Hinsicht mehrere Streifen von geronnenem Eiweiss, die zwar energische Verkürzung bei Erhöhung der Temperatur von ca. 20—50 % zeigten, bei der Abkühlung dagegen keine oder nur geringe Wiederausdehnung. Der am eingehendsten untersuchte und auch sehr wohl gelungene Streif (L. 97, Br. 15, D. 8) zeigte nach der Aufhängung (unbelastet) in Wasser anfänglich unter fortdauernder Quellung sehr energische Verlängerung, welche hierauf in eine anhaltende, allmählich schwächer werdende Verkürzung überging. Da unter diesen Umständen die Wirkung einer Temperaturerhöhung nur unsicher zu beobachten gewesen wäre, studirte ich den Einfluss einer Temperaturverminderung, welche ein bestimmtes Resultat ergeben konnte. Obgleich sich daher der Streif innerhalb der letzten Stunden vor der Abkühlung noch langsam verkürzt hatte, was jedoch auch theilweise auf einer langsamen Steigerung der Temperatur von 14—17° beruht haben kann, dehnte er sich bei der darauf folgenden Abkühlung von 17—9,8° um 0,735 mm aus und nach eingetretener Steigerung der Temperatur auf 19° war wieder Verkürzung um 0,470 mm eingetreten. Eine zweite spätere Abkühlung von 20 auf 8°, während der Streif noch immer in langsamer Verkürzung begriffen war, ergab eine Ausdehnung um 0,420 mm, worauf bei Steigerung der Temperatur die Verkürzung wieder ziemlich energisch begann. — Der Streif, welcher die nun folgenden 2 Tage sich anhaltend weiter verkürzt hatte, wurde hierauf eine Nacht über bei geöffnetem Fenster der Februarkälte ausgesetzt, wobei die Temperatur auf Null sank und eine zarte Eisdecke auf der Oberfläche des Wassers sich gebildet hatte. Der Streif aber hatte sich um nicht weniger wie 3,1 mm verlängert. In den folgenden 5 Tagen trat eine Verkürzung von im Gesamt 3,762 auf. — Nach elftägiger Aufhängung des Streifs in Wasser, dem zur Verhütung der Fäulniss etwas Thymol zugesetzt war, war die Länge ziemlich konstant geworden wie die Tabelle Vc ergibt. Eine Erhöhung der Temperatur von 18 auf 30° rief jetzt eine Verkürzung von ca. 0,96 mm hervor, die jedoch bei der Wiederabkühlung nicht völlig zurückging, sondern nur etwa um die Hälfte. Aus den Beobachtungen an dem Streif in dieser späteren Zeit ergibt sich für die Temperatur zwischen 17,7—19,7° pro 1° C. eine Längenveränderung des Streifs um durchschnittlich 0,0305 mm.

Beachtenswerth ist, dass sowohl die Verkürzungen aller untersuchten Streifen von Gelatine, Eiweiss etc. bei der Erwärmung, als auch die Verlängerungen bei

der Abkühlung nur sehr langsam der Temperatur des umgebenden Wassers folgen, so dass das Maximum der Verkürzung oder Verlängerung erst ziemlich spät nach dem Eintritt der betreffenden Temperaturen erreicht wird, d. h. wenn bei der von mir befolgten Versuchsanordnung die Temperaturen entweder schon wieder stark gesunken, oder bei Abkühlungsversuchen gestiegen waren. Diese Erscheinung erklärt sich wohl hauptsächlich aus dem schlechten Wärmeleitungsvermögen der betreffenden Substanzen, was bedingt, dass die Temperatur der Streifen sehr langsam dem Wechsel der umgebenden Temperatur folgt; wozu sich gesellt, dass die Temperaturunterschiede nur sehr langsam in das Innere der Streifen eindringen dürften.

Kein sicheres Ergebniss wurde bei der Untersuchung von Hollunder- und Sonnenblumenmarkstreifen erzielt, die völlig von Wasser durchdrungen und in Wasser untersucht wurden. Zwar beobachtete ich häufig mässige Verkürzungen bei Erhöhung der Temperatur, jedoch nicht konstant und in genügender Uebereinstimmung, weshalb ich mich schliesslich genöthigt sah, die betreffende Untersuchungsreihe ganz zu verwerfen.

Kein Ergebniss in dem erwarteten Sinn hatten endlich die Untersuchungen an Collodiumstreifen, welche durch Gerinnung von durch Trocknen mässig erhärteten gegossenen Streifen in Wasser hergestellt und hierauf in Wasser oder 40 % Alkohol untersucht wurden. In beiden Flüssigkeiten zeigte sich im Gegentheil, bei einer Belastung von 25 gr und bei häufiger Wiederholung der Versuche, eine schwache Verlängerung bei Erhöhung und eine entsprechende Zusammenziehung beim Rückgang der Temperatur.

Wenn die Volumvergrößerung des Inhalts der gedehnten Waben eine Verkürzung hervorruft und eine Minderung eine Verlängerung, so war zu erwarten, dass sich, dieser Voraussetzung entsprechend, auch auf osmotischem Wege Ausdehnungen oder Verkürzungen der Streifen hervorrufen lassen müssen, welche die Voraussetzung bestätigen. In einigen Fällen hat die Beobachtung denn auch diese Annahme bestätigt, in anderen dagegen nicht, oder das erwartete Resultat wurde durch anderweitige, vorerst nicht sicher zu beurtheilende Verhältnisse verdeckt.

Wurde ein von Wasser völlig durchdrungener, schon längere Zeit in Wasser bei einer Belastung von 15,5 gr aufgehängter Streifen von Sonnenblumenmark (L. 111, Br. 6, D. 4,6) in 15 % NaCl-lösung gebracht, indem das Wasser vorsichtig abgelassen und durch NaCl-lösung ersetzt wurde, so trat in ca. 5 h. eine Ausdehnung um 0,317 mm auf. Als hierauf die Salzlösung wieder durch Wasser ersetzt wurde, folgte einer kurzen Ausdehnung von 0,0875 mm eine Zusammenziehung um 0,0525 mm, die sich jedoch im Laufe des Tages wieder verlor. Dann wieder in 15 % NaCl-lösung versetzt; in 10 h. eine Ausdehnung von 0,1400 mm. — Jetzt wurde der Streif nur mit 5,5 gr belastet und, nachdem er keine Verkürzung mehr zeigte, wieder in Wasser versetzt, was in 11 h. eine Verkürzung um 0,192 mm hervorrief.

Aehnliche Resulte gab ein in Wasser unbelastet aufgehängter, gequollener

Streif gewöhnlicher Gelatine (L. 64, Br. 17, D. ca. 1,8 mm). Ueberführung aus Wasser in 15 % NaCl-lösung bewirkte hier in 7 h. eine Ausdehnung um 0,490 mm; wurde hierauf wieder in Wasser übergeführt, so trat in den ersten 2 Stunden eine bedeutende Ausdehnung von 2,695 mm ein, der in den folgenden 24 h. eine Wiederzusammenziehung von 1,295 mm folgte.

Schon früher hatte ein Versuch mit einem Streif von Hollundermark, der von gesättigter NaCl-lösung durchdrungen und dann mit 55 gr belastet aufgehängt war ein ähnliches Resultat ergeben. Wurde dieser Streif in Wasser versetzt, so dehnte er sich sehr rasch um ca. 2,5 mm aus, um sich dann im Verlauf von 17 h. um 0,350 mm zusammenziehen. — Während demnach die Ergebnisse bei der Ueberführung des Sonnenblumen- und des Gelatinestreifs in 15 % NaCl-lösung der Voraussetzung entsprachen, dass durch eine osmotische Verkleinerung des Wabenvolums eine Verlängerung der gedehnten Streifen herbeigeführt werden müsse, hat sich die umgekehrte Erwartung nur in beschränkter Weise bestätigt, indem meist zuerst beträchtliche Ausdehnung eintrat und die erwartete Verkürzung sich erst später geltend machte. Es zeigt sich daher ein ähnliches Verhalten, wie es oben schon für den in Wasser unbelastet aufgehängten Eiweissstreif geschildert und schon dort als von energischer Quellung herrührend aufgefasst wurde.

Wenn bei schwach gedehnten Waben eine bedeutende Anschwellung des Inhalts eintritt, welche die, unter den gegebenen Bedingungen mögliche Verkürzung schnell hervorruft, jedoch eine darüber hinausgehende Volumvergrößerung des Wabeninhalts bewirkt, so muss mit letzterer eine Ausdehnung, wie bei der gewöhnlichen Quellung im ungedehnten Zustand, verbunden sein. Erst in dem späteren, allmählich sinkenden Stadium dieser Volumzunahme der Waben, und wahrscheinlich in Verbindung mit der durch dieselbe bewirkten Verdünnung der Wabenwände und der dabei wirksamer werdenden Dehnung, wird wieder eine langsame und verhältnissmässig geringere Zusammenziehung auf Grundlage der schon dargelegten Prinzipien eintreten können.

4. Einiges über die Auspressung von Flüssigkeit aus gequollenen Körpern.

Es unterliegt keiner Frage, dass für die Beurtheilung der besonderen Eigenthümlichkeiten gequollener Körper die Möglichkeit, aus ihnen auf mechanischem Wege einen beträchtlichen Theil der Quellungsflüssigkeit hervorzupressen, von besonderer Bedeutung ist. Die älteren Angaben hierüber beziehen sich auf gequollene thierische Gewebe; später hat J. Reinke (1879) bei seinen Untersuchungen über die Quellung des Laubes der Alge *Laminaria* einige Angaben gemacht, welche im Allgemeinen zeigen, dass hier sehr grosse Druckkräfte nöthig sind, um Flüssigkeit hervorzupressen und dass mit der Zunahme der Quellung der zur Auspressung nöthige Druck sinkt. — Ueber gleichmässig beschaffene quellbare Körper liegen, soviel mir bekannt überhaupt keine Angaben vor, so dass das Wenige, was ich darüber berichten kann, trotz seiner Unvollständigkeit

erwähnenswerth sein dürfte. Besondere Apparate und Vorrichtungen, wie sie zur systematischen Prüfung dieser Frage nöthig erscheinen, besitze ich nicht, weshalb ich namentlich höhere Druckkräfte, die bei der Untersuchung der schwächeren Quellungsgrade nothwendig werden, vorerst nicht anwenden konnte.

Gewisse gequollene Körper zeichnen sich dadurch aus, dass sie schon bei sehr mässigem Druck Flüssigkeit abgeben. Bekannt ist, dass geschmolzene Agar-Agargallerte bei dem Erstarren wässerige Flüssigkeit auspresst, während Gelatine dies nicht thut. In gleicher Weise lässt sich denn auch aus 5 % Agargallerte schon zwischen den Fingern durch verhältnissmässig nicht starken Druck wässerige Flüssigkeit hervorpressen. Noch auffallender ist dies, wenn 1 % Agargallerte in der oben geschilderten Weise in Xylol oder Chloroform übergeführt worden ist; dann genügt schon der schwächste Druck beim Anfassen, um die inhibierte Flüssigkeit in reichlicher Menge hervortreten zu lassen. Wesentlich verschieden verhält sich gewöhnliche Gelatinegallerte. Bei keinem der untersuchten Procentgehalte war es möglich, durch den Fingerdruck Flüssigkeit zu entleeren, stets barst und zerbröckelte die Gallerte, bevor sich Flüssigkeit zeigte. Die gleiche Erfahrung wurde auch mit 10 % Gelatine gemacht, die in einem unten halbkuglig abgerundeten und etwas geöffneten Rohr vor der Luftpumpe der Wirkung des bis 60 cm Hg ansteigenden Luftdrucks ausgesetzt wurde. Die Gelatine wurde allmählich durch die Oeffnung halbkuglig hervorgequetscht, doch keine sichtliche Spur ausgepresster Flüssigkeit wahrgenommen.

Eigenthümlicher Weise verhält sich dagegen die mit Chromalaun unlöslich gemachte Gelatinegallerte wesentlich anders. 5 % derartige Gallerte, welche sehr gut ausgewässert war, zeigte beim Pressen zwischen den Fingern ganz ebenso wie die gewöhnliche Agargallerte deutlichen Austritt von Flüssigkeit, die sich zuerst in feinsten Pünktchen bemerkbar machte, welche dann zu grösseren Tröpfchen zusammenschmolzen, so dass schliesslich die ganze Oberfläche der Gelatine von Flüssigkeit bedeckt war. — Die vorhin mitgetheilte Erfahrung über die gewöhnliche Gelatinegallerte erscheint um so eigenthümlicher, als es, wie ich schon früher kurz berichtete (1892, 2 p. 2—3), auf etwas anderem Wege leicht gelingt, ihr bei verhältnissmässig niederem Druck Wasser zu entziehen, wenn man nämlich die Gelatingallerte in eine feuchte Thonzelle eingiesst, hier erstarren lässt und die gefüllte Thonzelle hierauf vor der Wasserluftpumpe der Absaugung unterwirft. Doch gelingt der Versuch auch, wenn man die Gelatinegallerte zu Brei zerreibt und diesen in die feuchte Thonzelle füllt. Erforderlich für das Gelingen des Versuchs ist jedoch, wie bemerkt, dass die Thonzelle mit Wasser getränkt ist; in eine völlig trockene Thonzelle eingefüllter Brei von 2½ % Gelatine gab wenigstens trotz langer Absaugung vor der Luftpumpe keine Spur von Flüssigkeit ab. Auf dem angegebenen Wege erhält man, wie gesagt, aus Gallerten, die bis zu 10 % Gelatine enthalten, reichlich Flüssigkeit vor der gewöhnlichen Wasserluftpumpe, also unter einen Druck der bis ca. 70 cm Hg betrug. — Bei genauerer Untersuchung einer 10 % Gelatine liess sich bei sehr allmählig steigendem Druck feststellen, dass der Austritt der

Flüssigkeit schon bei etwa 40 cm Hgdruck beginnt; bei 5 % Gallerte trat schon bei 10 cm Hgdruck die erste Flüssigkeit aus. Hieraus lässt sich wohl mit Bestimmtheit schliessen, dass auch Gallerten von wesentlich höherem Gehalt als 10 % vor der Wasserluftpumpe noch Flüssigkeit entzogen werden muss. Immerhin wird jedoch bei steigendem Procentgehalt bald der Punkt eintreten, wo dies nicht mehr möglich ist, da nämlich bei 20 % Gelatine der Druck einer Atmosphäre hierzu nicht mehr ausreicht. Ich habe versucht, durch Anwendung comprimierter Luft in einem zu diesem Zweck konstruirten primitiven Apparat, bei welchem eine gewöhnliche Luftpumpe als Compressionspumpe verwendet wurde, den Druck annähernd festzustellen, welcher zum Auspressen von Flüssigkeit aus 20 % Gelatine in einer Thonzelle nöthig ist. Leider gelang dies wegen der Mangelhaftigkeit des Apparates nicht nach Wunsch; doch liess sich bei ca. $2\frac{1}{2}$ Atmosphärendruck noch kein Austritt von Flüssigkeit aus der Thonzelle wahrnehmen. Es muss also bei höheren Procentgehalten der nothwendige Druck verhältnissmässig rasch zunehmen. — Die Quantität der auf die angegebene Weise auspressbaren Flüssigkeit ist sehr ansehnlich und hängt natürlich von dem Wassergehalt der verwendeten Gallerte ab. Während der Absaugung nimmt die Menge der austretenden Flüssigkeit allmählich sichtlich ab, doch dauert es verhältnissmässig lange bis der Wasseraustritt völlig aufhört. Bei 2 Versuchen mit 5 % und 10 % Gallerte musste beide Male ca. 48 Stunden andauernd abgesaugt werden, bis weiteres Saugen keinen Erfolg mehr hatte. Ich überzeugte mich von letzterer Thatsache dadurch, dass die Thonzelle aus dem Glaskölbchen, in dessen Hals sie durch ein passendes Stück dicken Kautschuckschlauchs luftdicht eingesetzt war, rasch herausgenommen, mit feinem Papier äusserlich schnell und gut abgetrocknet und sodann weiterer Absaugung unterworfen wurde. Im Allgemeinen halte ich dieses Verfahren für sicherer wie die Wägung der Thonzelle nebst Inhalt, was ich früher auch versucht habe; eine eigentliche Konstanz des Gewichtes liess sich, obgleich eine Verdunstung aus der Thonzelle dadurch möglichst vermieden war, dass ein Röhrchen mit Wasser derselben vorgelegt wurde, nicht erreichen. Bei jeder neuen Wägung zeigte sich ein kleiner Verlust (schliesslich von 1—2 Centigramm), obgleich jedenfalls die eigentliche Wasserauspressung schon aufgehört hatte. Um eine Vorstellung von der allmählichen Abnahme des Flüssigkeitsaustritts zu geben, führe ich hier die Resultate eines Versuchs mit 10 % Gallerte auf, der etwas Carbonsäure zur Verhütung von Fäulniss zugesetzt worden war.

10 % Gelatine angewendet 4,639 gr

1. Absaug.	21	Stunden	.	.	.	.	.	.	Verlust	1,420	gr
2.	"	$10\frac{3}{4}$	"	.	.	.	.	.	"	0,229	"
3.	"	$12\frac{1}{2}$	"	.	.	.	.	.	"	0,170	"
4.	"	12	"	.	.	.	.	.	"	0,128	"
5.	"	12	"	.	.	.	.	.	"	0,061	"
6.	"	12	"	.	.	.	.	.	"	0,040	"
7.	"	12	"	.	.	.	.	.	"	0,060	"
8.	"	9	"	.	.	.	.	.	"	0,089	"

Wie bemerkt, möchte ich auf die Ergebnisse der späteren Absaugungen keinen besonderen Werth legen. Die Verdunstung war bei diesem Versuch durch ein vorgelegtes Wasserrohr möglichst gehindert und auch in den Kolben, in welchen die Thonzelle hineinragte, schon von Anfang an etwas Wasser gegeben worden, um auch hier Verdunstung zu hindern.

Die bei diesem Versuch in der Thonzelle schliesslich zurückgebliebene lederartige Gelatine wurde bei 80° C. getrocknet und gewogen, wonach sie einer 29,69 % Gallerte entsprach.

Bei den beiden schon oben erwähnten Versuchen mit 5 % und 10 % Gallerte, bei welchen die Absaugung so lange fortgesetzt wurde, bis kein Wassertritt aus der Thonzelle mehr zu bemerken war, wurde die Verdunstung aus der Thonzelle während der Dauer des Versuches, die ca. 48 h. betrug, dadurch möglichst zu verhindern gesucht, dass die obere Oeffnung der Zelle mit einem dichten Propf sterilisirter Watte dauernd verschlossen gehalten wurde. In diesen beiden Fällen stellte ich den Wassergehalt der rückbleibenden Gelatine durch Trocknen bei 120° C. fest, wobei sich ergab, dass aus der 10 % Gallerte eine solche von 24,97 %, aus der 5 % dagegen eine solche von 26,77 % geworden war. Da die Trocknung bei dem ersterwähnten Versuch nur bei 80° C. vorgenommen worden war, so liegt die Möglichkeit vor, dass hier der Procentgehalt der rückbleibenden Gallerte zu hoch gefunden worden war und die Annäherung zwischen den Ergebnissen der 3 Versuche dürfte daher, in anbetracht der mannigfachen Fehlerquellen, doch eine ziemlich auffallende sein. — Besonders bemerkenswerth scheint jedoch der Umstand, dass beim Auspressen der 5 % wie der 10 % Gallerte eine annähernd gleich wasserhaltige von ca. 25 % restirte, während wir früher fanden, dass schon aus einer 20 % Gallerte durch die verfügbaren Druckkräfte überhaupt keine Flüssigkeit hervorzupressen ist. Ich glaube, dass dieser Thatsache eine gewisse Wichtigkeit für die Beurtheilung der Form und Art, wie das Wasser in der Gallerte enthalten ist zukommt und ich werde darüber später noch einiges zu bemerken haben.

Wenn auch durch diese Versuche, welche nur mit relativ niederen Druckkräften angestellt werden konnten, die wichtige Frage nicht entschieden werden konnte, ob das Wasser der Gallerte sich gegenüber Druckkräften in verschiedener Weise verhält, d. h., ob nur ein Theil des Wassers durch Druck herausgepresst werden kann, während der andere dem Druck widersteht, so scheinen mir die Ergebnisse der mitgetheilten Versuche doch in diesem Sinne zu sprechen.

Schon bei früherer Gelegenheit (1892, 2, p. 2—3 und 1893 p. 3) konnte ich berichten, dass die aus gequollenen Körpern hervorgepresste Flüssigkeit stets eine gewisse, wenn auch geringe Menge der betreffenden Substanz gelöst enthält. Diese Thatsache wurde namentlich für Gelatine, weiterhin jedoch auch für geronnenes Eiweiss, Stärkegallerte und neuerdings auch für Agargallerte erwiesen. Ein Versuch mit in Wasser gequollener, zuvor gut gereinigter Baumwolle, aus welcher in einer Thonzelle Flüssigkeit abgesaugt wurde, ergab dagegen kein nennenswerthes Resultat, indem die gesammelten 3,640 gr Flüssigkeit nur 0,0006 gr

Trockensubstanz hinterliessen, was mir nicht genügend erscheint, um daraus auf eine schwache Lösung bei der Quellung zu schliessen. Bei den ersterwähnten vier quellbaren Substanzen hingegen liess sich sicher nachweisen, dass der beim Verdampfen der Flüssigkeit verbleibende Rückstand wirklich, wenigstens zu einem erheblichen Theil, aus der betreffenden Substanz besteht.

Die Menge der gelösten Substanz in dem abgesaugten Wasser ist stets eine verhältnissmässig geringe und auch ziemlich schwankend. So enthielt die aus 5 % Gelatinegallerte abgesaugte Flüssigkeit einmal 0,46 %, ein zweites Mal 0,16 % fester Substanz; die aus 2½ % Gelatine abgesaugte sogar nur 0,085 %. Die aus filtrirtem und hierauf in der Thonzelle geronnenem Hühnereiweiss erhaltene Flüssigkeit enthielt 1,76 %, die aus einer 5 % Lösung von getrocknetem Hühnereiweiss auf dieselbe Weise erzielte Flüssigkeit 1,35 %. — Aus einer 5 % Gallerte von Weizenstärke wurde Flüssigkeit mit 0,24 % Trockensubstanz erhalten.

Es schien mir wichtig zu untersuchen, ob bei wiederholter Aufquellung und Absaugung das aufgenommene Wasser andauernd von der quellbaren Substanz auflöst. Da ein solcher Versuch längere Zeit fortgesetzt werden musste und die vorstehend erwähnten quellbaren Körper sich hierzu wenig eignen, da sie leicht in Fäulniss übergehen, so benutzte ich Agargallerte, welche viel beständiger ist. Eine 2—3 % Agargallerte wurde nach einander in der Thonzelle 5 Mal abgesaugt und zwar je 24 h. Zwischen je 2 Saugungen wurde die Thonzelle in ein Gläschen mit destillirtem Wasser eingestellt, bis die in ihr enthaltene Gallerte wieder völlig aufgequollen war, hierauf äusserlich sorgfältig abgetrocknet und auch etwa ins Innere gedruckenes Wasser sorgfältig entleert. Während dem Absaugen war die obere Öffnung der Zelle durch ein mit sterilisirter Watte gefülltes, fein ausgezogenes Röhrchen verschlossen, um das Eindringen von Bakterien möglichst zu verhüten. Es liess sich denn auch während der Dauer des Versuches keine Veränderung der Gallerte wahrnehmen. Die Ergebnisse dieses Versuchs gibt die folgende Tabelle.

2—3 % Agargallerte:

	Dauer.	Abges. Flüssigkeit.	fester Rückstand bei 120° getr.	% Gehalt an fest. Subst.
1. Absaugung	24 h.	1,4738 gr	0,0060 gr	0,4 %
2. "	"	1,3678 "	0,0036 "	0,26 %
3. "	"	1,5394 "	0,0026 "	0,17 %
4. "	"	2,1520 "	0,0028 "	0,13 %
5. "	"	1,5964 "	0,0020 "	0,125 %
Gesammt			0,0170 gr	

Aus diesem Versuch folgt demnach, dass auch bei fortgesetztem Aufquellen und Absaugen das abgesaugte Wasser aufgelöstes Agar enthält. Das erhebliche Sinken des Procentgehalts bis zur 4. Absaugung dürfte wohl darauf beruhen, dass bei der erstmaligen Bereitung der Gallerte, unter Anwendung von Wärme, das

eingeschlossene Wasser grössere Mengen von Agar gelöst enthält, die erst allmählich bei wiederholter Absaugung entfernt werden, während bei der gewöhnlichen Aufquellung in kaltem Wasser viel weniger Agar in Lösung geht. Immerhin zeigen die Ergebnisse der 4. und 5. Absaugung eine so nahe Uebereinstimmung, dass damit die Konstanz erreicht scheint ¹⁾).

5. Allgemeine Betrachtungen über die Bedingungen und Ursachen der Quellbarkeit.

Wie ich schon in den einleitenden Worten zu dieser Mittheilung hervorhob, entstanden die vorliegenden Untersuchungen im Hinblick auf die Frage nach dem Zusammenhang der Quellung mit den von mir nachgewiesenen oder wahrscheinlich gemachten besonderen Structuren quellungsfähiger Körper. Zur Verfolgung eines solchen Zusammenhangs hatte ich um so mehr Veranlassung, als es mir bei meinen Studien über die in besonderer Weise hergestellten Oel-seifenschäume von mikroskopisch feiner Structur zu zeigen gelungen war, dass derartig gebaute flüssige Körper sich wie quellbare verhalten, da es möglich ist, ihre kleinen, von wässriger Lösung erfüllten Wabenräume auf osmotischem Wege zu vergrössern oder zu verkleinern, d. h., dass man sie in geeigneten Flüssigkeiten unter Aufnahme von Wasser anschwellen und in umgekehrter Weise durch Wasserentziehung zusammenschrumpfen lassen kann (1892, p. 27). Der Entstehungsprocess solcher Schäume aus seifenhaltigem Oel, der sich als ein sogen. Entmischungsvorgang vollzieht, verläuft ja auch unter bedeutender Volumvergrösserung, also mit den Erscheinungen einer Aufquellung.

Schon diese Erfahrungen mussten es nahe legen, zu erwägen, ob nicht auch für die Quellbarkeit überhaupt ähnliche Bedingungen maassgebend seien, was um so wahrscheinlicher war, als eine Reihe von Beobachtungen vorlagen, welche für eine analoge feine Structur der quellbaren Körper sprachen.

Die Ansichten über die besonderen Eigenthümlichkeiten der quellbaren Körper, denen sie, im Gegensatz zu den nichtquellbaren, ihre charakteristischen Eigenschaften verdanken, und damit auch die Erklärungsversuche des Quellungsvorganges überhaupt, waren bis jetzt wesentlich zweierlei Art. Einerseits vermuthete man, dass diese Erscheinung durch eigenartige feinste Structurverhältnisse verursacht werde, nämlich dadurch, dass die Substanz des quellbaren Körpers nicht homogen, sondern von einem System feinsten, im trocknen Zustand mit Luft erfüllter Lückenräume durchsetzt sei, von Poren oder Porenkanälchen, deren Erfüllung und gleichzeitige Erweiterung durch die eindringende Quel-

1) Damit kein Zweifel besteht, ob der in der Pressflüssigkeit gelöste Körper wirklich Agar oder eine durch Wasserwirkung aus demselben entstehende verwandte Substanz ist, bemerke ich, dass sich der Rückstand im Wasser beim Erwärmen leicht löst, mit Alkohol oder Gerbsäure eine weisse Fällung gibt, von Bleizucker dagegen nicht gefällt wird. Mit Jod nahm die Lösung keine besondere Färbung an.

lungsflüssigkeit die Volumvergrößerung bei der Aufquellung hervorruft. Bis zum Auftreten Nägeli's scheint diese Ansicht wohl allgemein verbreitet gewesen zu sein. Wir begegnen wenigstens überall der Vorstellung, dass die quellbaren Körper porös seien und dass ihre Flüssigkeitsaufnahme auf dieser Eigenschaft beruhe; sei es, dass die Flüssigkeitsaufnahme nur als eine Capillaritätserscheinung, d. h. als ein Eindringen in die Poren und Porenkanäle durch Capillaranziehung erklärt wurde, sei es, dass dazu noch besondere Anziehungskräfte zwischen der Flüssigkeit und den Molekülen der quellbaren Substanzen, die man sich ähnlich der chemischen Anziehung oder Affinität dachte, ins Spiel kämen. Von Vertretern dieser Anschauung möchte ich hier nur Chevreul (1821), Liebig (1848) und Ludwig (1849) anführen, die sich von den besonderen Eigenschaften der quellbaren Körper durch eigene Untersuchungen zu unterrichten suchten.

Die Vorstellung, welche man sich auf dieser Grundlage von den besonderen Strukturverhältnissen der fraglichen Substanzen bildete, war demnach im Allgemeinen die eines äusserst feinen schwammigen Gerüsts, in dessen Lückenträume die Quellungsflüssigkeit eindringe. Durch eine solche Vorstellung wurden also die quellbaren Körper einer Reihe anderweitiger Substanzen an die Seite gesetzt, wie Sand, Sandstein, Thon, poröser Gyps, Bimsstein, amorphe Kieselsäure und zahlreiche andere, bei welchen unter geeigneten Bedingungen gleichfalls eine Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe nachweisbar ist, und für welche gleichzeitig, wenigstens in einer Anzahl Fälle, sicher gezeigt werden kann, dass diese Eigenschaft auf poröser Beschaffenheit beruht, nämlich auf dem Umstand, dass diese Substanzen aus lose zusammengelagerten kleinen Fragmenten oder durch Zusammenbacken solcher Fragmente, unter Erhaltung eines Systems feiner Lückenträume zwischen ihnen entstanden sind. — Ein wesentlicher Umstand unterschied jedoch diese sicher porösen, Flüssigkeit aufnehmenden Körper von den eigentlich quellbaren, nämlich der, dass sie bei der Flüssigkeitsaufnahme- und -abgabe keine Volumschwankungen zeigen. Eine scharfe Scheidung dieser beiden Arten flüssigkeitsaufnehmender Körper finden wir schon bei Nägeli (1858 p. 332, p. 342); auch Fick (1866) betonte ihre Verschiedenheit. Letzterer hält zwei Arten der Imbibition scharf auseinander, nämlich 1) die capillare oder die der porösen Körper, wie sie der Badeschwamm¹⁾ und poröser Thon, ohne Volumzunahme und mit Austritt von Luft, zeigen und 2) die eigentliche Quellung, bei welcher keine Luft aus dem quellbaren Körper austrete und das Volum zunehme. Ähnlich spricht sich auch Reinke (1879) aus. — Wenn nun fernerhin berücksichtigt wird, dass in den eigentlichen quellbaren Körpern, selbst mit den stärksten Vergrößerungen keine poröse Struktur zu erkennen war, so ist erklärlich, dass sich die Ansicht von einer tieferen, principiellen Verschiedenheit der beiderlei flüssigkeitsaufnehmenden Körper allmählich ausbildete, wie sie von Nägeli (1858) bei seiner

1) Wie schon Nägeli (1858) richtig hervorhob, gehört jedoch der Badeschwamm zu den beiden Kategorien, da sein Gerüst aus einer quellbaren Substanz besteht.

umfassenden Untersuchung der quellbaren Stärkekörner zuerst mit viel Scharfsinn und Gelehrsamkeit entwickelt und auf die quellbaren Substanzen überhaupt ausgedehnt ja gewissermassen zu dem Charakter der organisierten Substanzen überhaupt erhoben wurde. In den biologischen Wissenschaften, insbesondere der Botanik, hat sich diese Nägeli'sche Molekulartheorie der Quellung und der quellbaren Substanzen grosse und weitverbreitete Anerkennung errungen, was bei dem Scharfsinn, mit welchem diese Lehre alle einschlägigen Fragen zu lösen bestrebt war, erklärlich ist. Die hervorragendsten physiologischen Botaniker, so Schwendener, Sachs, Pfeffer u. Andere, wie auch Reinke in seinen der Quellung besonders gewidmeten Studien, stellten sich auf den Boden dieser Hypothese. Bei den Physikern von Fach hingegen, welche sich zwar im Allgemeinen nicht viel mit diesen, meist leicht veränderlichen und unsicheren quellbaren Körpern beschäftigten, scheint dagegen die frühere Meinung festeren Bestand behalten zu haben. Wenigstens finde ich, dass Jamin (1860) die Ansicht von dem porösen Bau festhält, und Lehmann in seiner Molekularphysik die Annahme eines schwammigen Baues für wahrscheinlich erklärt (1888 I, p. 525)¹⁾, während Guthrie (1876) und Quincke (1889 p. 207, 1894 p. 616—619) geneigt sind, einen feinen schaumig-lamellösen Bau anzunehmen¹⁾. Eine Neigung, die Molekulartheorie Nägeli's und seiner Anhänger zu acceptiren, scheint auf physikalischer Seite nicht besonders hervorzutreten, vielleicht in der Erwägung, dass bei dem Mangel einer einigermaßen genügenden und allseitig befriedigenden Molekulartheorie der nichtquellbaren anorganischen Körper, die Aussichten für eine solche Theorie der zweifellos complicirteren quellbaren organischen und organisirten Substanzen noch viel geringere sein dürften.

Nägeli's Lehre der Quellung sucht diese Erscheinung in Zusammenhang zu bringen mit einer uns bekannten anderweitigen Beziehung zwischen festen und flüssigen Körpern, nämlich mit der Lösung der festen Körper in Flüssigkeiten. Wie hier eine Anziehung zwischen den Molekülen des Gelösten und des Lösungsmittels als Ursache angenommen werden müsse, so seien auch bei der Quellung derartige Molekularanziehungen das Wirksame. Es scheint gleichgültig, ob wir von Molekülen oder von zu höheren Gruppen vereinigten Molekülen, sog. Micellen oder Tagmen, als den kleinsten Theilchen der quellbaren Körper reden; ich werde die letzteren daher auch weiterhin als Moleküle bezeichnen. Die Quellungerscheinungen sind nach Nägeli nun etwa aufzufassen, wie eine Lösung der Quellungsflüssigkeit in dem quellbaren Körper; jedes Molekül des

1) Da ich bald nach Quincke's erster Mittheilung von 1889, nämlich 1892 (I. p. 216—218), den schaumartigen Bau der Gallerten zu erweisen suchte, so möchte ich nicht unterlassen, das, was Qu. darüber vor mir 1889 bemerkte, in extenso mitzutheilen. Es lautet (p. 207): „Ebenso glaube ich gelatinöse Substanzen wie Leim und andere Gallerte für Flüssigkeit, in der sich viele unsichtbare dünne Scheidewände von festen oder flüssigen Lamellen befinden, halten zu sollen“. Ich bemerke noch, dass Nernst in seiner „Theoretischen Chemie“ ähnlich Lehmann für einen schwammig gerüstförmigen Bau der quellbaren Substanzen eintritt und die Quellung auf capillares Eindringen des Quellungsmittels zurückführt.

letzteren umgebe sich bei der Aufquellung mit einer Anzahl Wassermoleküle, die eine Hülle um es bildeten. Die Dicke dieser Hülle werde unter den gegebenen Bedingungen dadurch bestimmt, dass die Anziehung der Moleküle des quellbaren Körpers zu denen des Wassers in der Entfernung rascher abnehme wie die jener Moleküle unter sich, wesshalb also, nachdem die Wasserhüllen eine gewisse Dicke erreicht haben, die Anziehung von Molekül zu Molekül der quellbaren Substanz grösser sein muss, wie die zu weiteren Wassermolekülen und daher ein weiteres Eindringen von Wassermolekülen oder das Wachsthum der Wasserhüllen aufhören muss. Aus dieser Darlegung ergibt sich also, dass Nägeli den Quellungsvorgang ähnlich einer Lösung der Quellungsflüssigkeit in dem quellbaren Körper auffasst und daher auch die gequollenen Körper bei der Zugrundelegung dieser Theorie als feste Lösungen hätten bezeichnet werden dürfen. Den festen Aggregatzustand des gequollenen Körpers, im Gegensatz zu dem flüssigen der in ihrer Molekularkonstitution nicht unähnlichen Lösungen sucht Nägeli, analog den Ideen über die Bedingungen des festen Aggregatzustands überhaupt, darin, dass die Anziehungskräfte zwischen den von ihrer Wasserhülle umgebenen Molekülen in verschiedenen Richtungen ungleich gross seien, was seinerseits wieder vermuthlich daher rühre, dass die Gestalt dieser Moleküle nicht kuglig sondern polyedrisch sei. — Als eine Consequenz dieser Theorie der quellbaren Körper scheint mir, hätte auch eine entsprechende der eigentlichen Lösungen gegeben werden müssen, worauf Nägeli nur wenig eingeht; und zwar hätte, um den Gegensatz zwischen den wirklichen Lösungen und den festen Lösungen der gequollenen Körper hervortreten zu lassen, diese Theorie der Molekularkonstitution der eigentlichen Lösungen den Unterschied der letzteren von den gequollenen Körpern consequenter Weise darin suchen müssen, dass bei den Lösungen den Molekülen des Lösungsmittels, also z. B. denen des Wassers, dieselbe Rolle zukomme, wie jenen des quellbaren Körpers bei der Quellung. Bei der wirklichen Lösung müssten sich die Wassermoleküle in ähnlicher Weise mit Hüllen aus Molekülen der gelösten Substanz umgeben. Dagegen halte ich es für unmöglich, wenn Nägeli sich vorstellt, dass auch in gewöhnlichen Lösungen die Substanzmoleküle mit Wasserhüllen umgeben seien (p. 341). Bei einer solchen Annahme würde nämlich eigentlich jeder Unterschied zwischen einer wirklichen Lösung und einem gequollenen Körper schwinden und es wäre einerseits nicht einzusehen, warum die Lösung einen flüssigen Aggregatzustand im Gegensatz zu dem gequollenen Körper besitzt und andererseits auch nicht zu begreifen, warum die löslichen Körper sich eben im Gegensatz zu den quellbaren lösen und nicht ebenfalls nur aufquellen. Indem ich diese Erörterungen hier einschalte, will ich damit in keiner Weise etwa aussprechen, dass ich eine solche Theorie der Lösungen für aussichtsvoll halte, sondern es schien mir nur angezeigt, dieses Verhältniss der Nägeli'schen Lehre zu der Auffassung der wirklichen Lösungen zu besprechen.

Für Nägeli's Theorie war es nothwendig zu begründen, wesshalb die frühere Meinung, dass die quellbaren Körper ihre besonderen Eigenschaften einem

schwammig-porösen Bau verdanken, nicht haltbar sei. Er geht auf diesen, meiner Meinung nach wichtigsten Punkt nur sehr kurz ein (p. 342), indem er namentlich auf den Mangel der Volumzunahme bei den imbibitionsfähigen Körpern wie Gyps, Kreide etc. hinweist. Ferner betont er besonders, dass sich aus den letzteren Körpern Flüssigkeit auspressen lasse, aus den gequollenen Gallerten dagegen nicht (speziell angeführt werden die von Algen) und endlich, dass die Voraussetzung eines „maschigen Gerippes“ in der quellbaren Stärke oder Cellulose einen hohen Grad von Dehnbarkeit dieser Substanzen bedingen müsse, was doch grade für Cellulose und Stärke nicht zutreffe. Was zunächst diesen letzteren Einwand betrifft, so kann ich seine Beweiskraft nicht verstehen, da es einerseits zahlreiche poröse imbibitionsfähige Körper gibt, die sich keineswegs durch besondere Dehnbarkeit auszeichnen und andererseits bekanntermassen grade die quellbaren Körper in der Regel im gequollenen Zustand eine sehr erhebliche Dehnbarkeit besitzen. Der Einwand bezüglich der Nichtauspressbarkeit der Quellungsflüssigkeit wäre gewiss entscheidend, wenn er richtig wäre. Als Nägeli seine Theorie aufstellte, war zwar durch die Untersuchungen von Chevreul (1821), Liebig (1848) und Ludwig (1849) schon bekannt, dass aus gequollenen thierischen Geweben, wie Sehnen, Bändern (Chevreul), und thierischen Häuten (ohne genauere Angabe, Ludwig) ein erheblicher Theil der Quellungsflüssigkeit ausgetrieben werden kann. — So konnte Chevreul mit einer Papierpresse aus 100 Gewichtsth. Sehnen 37,6, aus 100 Gewth. Ligamenta flava 35 Th. Wasser auspressen. — Immerhin liess sich gegen diese Erfahrungen einwenden, dass derartige Gewebe nicht einfache gequollene Körper seien, sondern schwammige oder poröse quellbare, d. h. also gemischter Natur, analog etwa dem Skeletgerüst des Badeschwamms, das Nägeli ganz richtig beurtheilt, wenn er ihm einen solch' gemischten Charakter zuschreibt, d. h. von schwammigem Gerüstbau und daher durchdringlich und imbibitionsfähig, dabei jedoch die Substanz des Gerüstwerks selbst quellbar. Auch Fick (1866) betonte, dass zahlreiche quellbare Gewebe des Thierkörpers wohl einen derartigen gemischten Character besäßen. Reinke konnte später (1879) auch aus dem gequollenen Laub der Laminarien bei Anwendung relativ hoher Druckkräfte Wasser auspressen; doch lässt sich auch für dieses Material der Einwand erheben, dass es nicht aus einer gleichmässigen gequollenen Substanz bestehe, sondern möglicherweise einen gemischten Character besitze.

Anders liegt dies jedoch für die von mir untersuchten Substanzen wie Gelatine- und Agargallerte, aus welchen sich, wie wir sahen, Wasser in grossen Mengen auspressen lässt. Diese Gallerten bieten in denkbar vollkommenster Weise die Beschaffenheit gleichmässiger gequollener Substanzen dar; und wenn aus ihnen auf mechanischem Wege Quellungsflüssigkeit ausgepresst werden kann, so lässt sich schwerlich bezweifeln, dass diese Eigenthümlichkeit den quellbaren Körpern überhaupt zukommt.

Zu den von Nägeli betonten Unterschieden zwischen den imbibirbaren gerüstförmigen und den eigentlichen quellbaren Körpern hat Fick (1866), wie

oben bemerkt wurde, noch den weiteren gesellt, dass aus den ersteren bei der Imbibition Luft entweiche, welche die Porenräume vor der Imbibition erfüllte, während dies bei eigentlicher Quellung nicht der Fall sei. Ich glaube jedoch dem gegenüber durch meine oben mitgetheilten Versuche an Gelatine, Agar und Eiweiss gezeigt zu haben, dass auch bei gequollenen Körpern, wenn sie nur unter gewissen Vorsichtsmassregeln eingetrocknet werden, d. h. wenn man der Gerüstsubstanz zuerst durch wasserentziehende Flüssigkeiten möglichste Festigkeit gibt und wenn man weiterhin die Austrocknung im luftverdünnten Raum vornimmt, ganz in derselben Weise wie in poröse imbibirte Körper Luft in die Hohlräume der gequollenen eindringt und dass aus den in solcher Weise eingetrockneten gequollenen Körpern bei der Wiederaufquellung Luft in Mengen austritt wie aus den anorganischen imbibirbaren. — Bei geronnenem Eiweiss ist, wie ich früher betonte (1892, 1—3) der feinschaumige, gerüstartige Bau mit dem Mikroskop sicher nachweisbar. Wird das geronnene Eiweiss aber an der Luft getrocknet, so wird es gelblich, und glasartig durchsichtig, der früher so deutliche Bau ist kaum oder nicht mehr zu erkennen. Bei der Wiederaufquellung in Wasser tritt mit völliger Weisse und Undurchsichtigkeit die feinschaumige Structur wieder ebenso deutlich hervor wie früher. Wie ich später fand, hatte schon Chevreul (1821) die gleiche Beobachtung an coagulirtem Hühnereiweiss und Fibrin gemacht und auch für eine Anzahl thierischer Gewebe, wie Sehnen, Bänder, Knorpel und für die weisse Cornea gezeigt, dass sie getrocknet halbdurchsichtig werden und bei der Wiederaufquellung die frühere Undurchsichtigkeit von Neuem erhalten. — Für coagulirtes Eiweiss ist demnach klar, dass durch die Eintrocknung eine Structur unsichtbar wird und Durchsichtigkeit eintritt, weil aus den die ganze Masse durchsetzenden feinsten Hohlräumchen die wässrige Flüssigkeit verdunstet und diese Hohlräume sich zusammenfallend schliessen. In dem aufgequollenen käuflichen Agar konnte ich die feine Structur mikroskopisch nachweisen (1892, 3). — Bei Gelatinegallerte, in welcher bei gewöhnlicher mikroskopischer Betrachtung keine Structur erkennbar ist, wird es sich dagegen fragen, ob wir berechtigt sind, ebenfalls einen schaumig-gerüstartigen Bau anzunehmen. Dafür spricht nun einerseits die Möglichkeit, Quellungsflüssigkeit aus ihr mit verhältnissmässig geringen Druckkräften auszupressen, bei 5 % Agargallerte mit den Fingern wie wir oben sahen. Andererseits spricht jedoch weiter dafür, dass sich in solchen Gallerten eine feinschaumige Structur leicht sichtbar machen lässt, wenn sie mit Alkohol behandelt werden. Bei Gelatinegallerte gelingt dies, wie ich früher zeigte, sehr schön auch durch Behandlung mit verdünnter Chromsäure. Indem ich die Wirkung der Chromsäure, als nicht genügend klar, hier bei Seite lasse, bespreche ich nur die des Alkohols. Sowohl für Gelatine wie Agar ist es klar, dass der Alkohol keine chemische Veränderung hervorruft, sondern dass diese Substanzen in ihm nur unlöslich, respect. nicht quellbar sind. Die Entstehung der feinen Schaumstructur unter dem Einfluss des Alkohols lässt nun unter diesen Umständen nur zwei Erklärungen möglich erscheinen: 1) könnte der Alkohol, der in die Gallerte eindringt, einen Entmischungsprocess hervorrufen,

d. h. das nun mit Alkohol gemischte Wasser der Gallerte würde von der Gelatine nicht mehr festgehalten werden und scheide sich in Gestalt feinsten Tröpfchen aus, welche die feinschaumige Structur bedingen; oder 2) könnte die Wirkung des Alkohols darauf beruhen, dass er eine vorhandene Structur deutlicher macht, indem er der Gerüstsubstanz Wasser entzieht und sie daher stärker lichtbrechend und sichtbar macht, was noch durch die herabgeminderte Lichtbrechung des nun mit Alkohol gemischten oder aus reinem Alkohol bestehenden Inhalts des Gerüstwerks unterstützt würde.

Ich habe schon früher betont (1892, 1—3), dass ich die zweite Erklärung für die bei weitem wahrscheinlichere erachte und zwar aus folgenden Gründen.

Die durch Alkohol hervorgerufene Schaumstructur zeigt ganz dieselben Gesetzmässigkeiten in der Anordnung der Waben, wie sie in flüssigen Schäumen auftreten, oder in festen, welche durch die Entmischung flüssiger Substanzen unter Erstarrung erzeugt wurden. Da nun aber die Gelatine- oder Agargallerte, welche mit Alkohol behandelt wird, nicht flüssig ist und sich auch nichts dafür anführen lässt, dass sie unter dem Einfluss des Alkohols vorübergehend verflüssigt wird, so spricht diese Thatsache dagegen, dass die fragliche Structur erst in der festen Gallerte durch den Alkohol hervorgerufen wird; vielmehr muss sie, aller Wahrscheinlichkeit nach, beim Uebergang der flüssigen Gelatine- oder Agarlösung in den festen gallertigen Zustand entstehen, d. h. bei deren Coagulation vermittelt eines Entmischungsvorgangs, wie er auch, unter tiefergehender Veränderung, bei der Coagulation des Eiweisses stattfindet. Als weitere wesentliche Stütze dieser Auffassung habe ich noch darauf hingewiesen, dass Gelatinegallerte, in welcher man durch Alkohol die feinschaumige Structur deutlich gemacht hat, bei der Behandlung mit Wasser diese Structur wieder fast oder völlig einbüsst, worauf durch erneute Behandlung mit Alkohol die Structur wieder genau in derselben Beschaffenheit wie früher, mit allen Details hervorgerufen wird (1892, 2, p. 3). Da nun, wenn die Structur der mit Alkohol behandelten Gelatine auf einem durch die Wirkung des Alkohols hervorgerufenen Entmischungsvorgang beruhte, dieser durch die Verdrängung des Alkohols durch Wasser wieder rückgängig gemacht und daher, aller Wahrscheinlichkeit nach die Structur durch Wasser dauernd zerstört werden müsste, jedenfalls aber bei erneuter Alkoholbehandlung nicht genau mit denselben Details hervortreten könnte, so scheint mir die eben geschilderte Thatsache gleichfalls sehr entschieden zu Gunsten der zweiten Auffassung zu sprechen, welche die durch Alkohol hervorgerufene Structur der Gelatinegallerte als eine präformirte betrachtet.

Als ferneren Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Richtigkeit dieser Erklärung betrachte ich das Verhalten von trockener Gelatine und Agar bei dem Aufquellen. Trockene reine Gelatine ist bekanntlich ganz glasartig durchsichtig, Agar hingegen erscheint etwas weisslich trübe. Bei der Aufquellung aber wird die glasartige Gelatine deutlich, wenn auch schwach weisslich trübe und ebenso auch Agar viel trüber und undurchsichtiger. Es wiederholt sich demnach auch bei diesen Substanzen die bei der Quellung des getrockneten coagulirten Eiweisses

so auffallende Erscheinung, nur in geringerem Grade, dass mit der Aufquellung ein Undurchsichtigwerden verbunden ist, was nur darauf beruhen kann, dass die gequollene Substanz nicht mehr homogen ist, sondern aus zwei verschiedenen lichtbrechenden, sich innig durchsetzenden Substanzen besteht, nämlich aus einem Gerüstwerk und darin eingeschlossener Quellungsflüssigkeit. Alle die aufgezählten Gründe, zu denen wir später noch weitere gesellen werden, sprechen dafür, dass auch anscheinend homogene Gallerten, wie Gelatine und Agar, den gerüstförmigen Bau besitzen und dass ihre Quellbarkeit damit im innigsten Zusammenhange steht.

Der schon mehrfach betonte Unterschied zwischen imbibitionsfähigen und quellbaren Körpern wurde auch von Schwendener (1886) erörtert, indem er untersuchte, was theoretisch, auf Grund unserer Kenntnisse von den Wirkungen der Capillarität, über das Verhalten gerüstförmig gebauter, von capillaren Hohlräumen durchzogener Körper in dieser Hinsicht ausgesagt werden könne. Unter Hinweis auf die bekannte Erfahrung, dass beim Eindringen adhärender Flüssigkeit in den Hohlraum zwischen zwei genäherten Platten eine Annäherung der Platten stattfindet, kommt er zu dem, meiner Meinung nach unabweisbaren Schluss, dass durch Eindringen von Flüssigkeit in die capillaren Hohlräume eines imbibitionsfähigen Körpers nur dann Ausdehnung hervorgerufen werden könne, wenn diese Hohlräume ungemein eng sind, d. h. wenn sie enger sind wie der doppelte Radius der Wirkungssphäre der Molekularanziehungskraft zwischen den Molekülen des betreffenden Körpers und der eindringenden Flüssigkeit; dieser Radius aber übersteigt nach Quincke's und Plateau's Untersuchungen wahrscheinlich nicht $0,05 \mu$.

Wenn wir diese Betrachtung für richtig halten, so folgt aus ihr nach meiner Ansicht weiter, dass bei der Aufquellung eine Erweiterung der Lückenräume über den Betrag der doppelten Wirkungssphäre des Radius, also über $0,1 \mu$ hinaus nicht möglich sein kann, denn dann würde die anziehende Wirkung durch Capillarität zur Geltung gelangen und dem weiteren Aufquellen ein Ende machen. Die jene Lückenräume scheidenden Bälkchen der Gerüstsubstanz müssten bei stark quellenden Körpern unbedingt eine mindestens ähnliche Feinheit besitzen, da viele dieser Körper auf das mehrfache der ursprünglichen Dimension aufzuquellen vermögen und daher die Zahl der nur bis zu $0,1 \mu$ erweiterungsfähigen Lückenräume eine sehr erhebliche und die Breite der Balken ganz ungemein gering sein müsste¹⁾. Eine bestimmte Schätzung erscheint in dieser

1) Nehmen wir z. B. eine Gallerte an, die aus 80 % Wasser und 20 % fester Substanz besteht, also etwa nahezu das Maximum der Quellung zeigt, welche Gelatine in gewöhnlichem Wasser erreicht, und setzen einen wabenartigen Bau voraus, wie er, auf Grundlage der von mir hier erörterten Vorstellungen sich ergibt. Der Einfachheit wegen, sollen die Waben regulär würfelförmig gedacht werden. Wenn wir unter diesen Voraussetzungen das Verhältniss der Kantenlänge (a) der mit Wasser angefüllten würfelförmigen Hohlräume der Waben zu der Dicke (m) der Wabenwände durch Rechnung ermitteln (was leicht geschieht, indem wir die ganze Substanz uns aus lauter Hohlwürfeln zusammengesetzt denken können, deren äussere Kantenlänge $= a + m$ ist), so ergibt sich, dass $m = \sqrt[3]{100} - \sqrt[3]{80} = 0,332$, während $a = \sqrt[3]{80} = 4,309$ ist. Das Verhältniss $\frac{m}{a}$ ist also

Hinsicht unmöglich, da sich ja keine plausible Annahme darüber aufstellen lässt, welches die Minimalgrenze für die Weite der Lückenräume im nicht aufgequollenen Zustand sein mag. Jedenfalls geht aus dem Bemerkten hervor, dass keine Aussicht vorhanden sein dürfte, so feine Strukturverhältnisse mikroskopisch wahrzunehmen und dass die von uns gefundenen Strukturen der quellungsfähigen Substanzen, welche im Minimum Lücken- oder Wabenräume von ca. $0,5-1\ \mu$ aufweisen, gröbere sind, als es die obige theoretische Betrachtung erfordert.

Aus capillaren Hohlräumchen von $0,1\ \mu$ Weite aber Flüssigkeit herauszupressen, erforderte zweifellos einen sehr starken Druck, da z. B. nach Nägeli's Untersuchungen (1866) der konkave Meniscus schon in einer gläsernen Capillarröhre von $8\ \mu$ Durchmesser einem Druck von 290 mm Quecksilber das Gleichgewicht hält. Diesem steht jedoch gegenüber, dass nach unseren Erfahrungen schon bei verhältnissmässig sehr geringem Druck aus Gelatinegallerte in der Thonzelle Wasser ausgepresst wird; bei 5 % Gallerte begann der Wasseraustritt schon bei 100 mm Hg-Druck, also bei einem Druck, der weit unter dem für die $8\ \mu$ weite Capillarröhre liegt. — Es ist hierbei zwar zu beachten, dass es nicht gelang, aus der Gelatine (10 %), die sich in einem unten etwas geöffneten Röhrchen befand, unter einem Druck von ca. 400 mm Hg., der in der feuchten Thonzelle Wasser austreibt, solches zu bewirken; auch die Steigerung des Drucks auf 700 mm Hg. genügte unter diesen Bedingungen nicht, Flüssigkeit hervorzutreiben. Leider verstehe ich vorerst nicht, worauf dies verschiedene Verhalten der Gallerte in und ausser der Thonzelle beruht. Die Meinung, dass hierbei eventuell die gröberen Porenkanäle der Thonzelle im Spiel sein könnten, die, indem sie sich in Verbindung mit den feineren der Gelatine setzen, den zum Auspressen nöthigen Druck verringerten, scheint mir unhaltbar; wenigstens ergab ein hierauf bezüglicher Versuch kein positives Resultat. Wurde nämlich dem Gelatinepfropf, welcher aus der unteren Oeffnung des Röhrchens frei hervorragte, ein Tropfen Wasser angehängt und dann wie früher das Absaugen versucht, so trat auch unter diesen Bedingungen keine Flüssigkeit aus, obgleich doch, wenn der obige Gedankengang richtig sein sollte, jetzt dieselben günstigen Bedingungen, ja wegen der viel flacheren Oberfläche des Tropfens eigentlich noch günstigere gegeben sein sollten.

Ich möchte daher annehmen, dass die Möglichkeit, in der Thonzelle bei verhältnissmässig so niederen Druckkräften Wasser auszupressen, hauptsächlich darauf beruht, dass die Thonzelle unter diesen Bedingungen ein geeignetes Gegenlager für die Gelatine bietet, so dass der auf letztere wirkende Druck zur vollen Geltung kommt, während in dem unten geöffneten Rohr wesentlich abweichende Verhältnisse bestehen. Hier wird die Gelatine allmählich, wenn

ca. $\frac{1}{13}$, d. h. die Wände der Waben sind unter diesen Voraussetzungen in einer 20 % Gallerte ca. $\frac{1}{13}$ so dick wie die Breite der Wabenräume. Wenn nun diese Breite $0,1\ \mu$ beträgt, so wäre die Dicke der Wände nur $= 0,009\ \mu$. Eine Structur von dieser Feinheit könnte jedoch mikroskopisch unmöglich wahrgenommen werden. Bei der Berücksichtigung, dass die Wabenwände eine grössere Dichte wie das eingeschlossene Wasser besitzen, würde ihre Dicke natürlich relativ noch geringer.

auch langsam durch die Oeffnung des Röhrchens gepresst; es liegen daher die Bedingungen jedenfalls so, dass durch Deformation der Waben dem auflastenden Druck Widerstand geleistet wird, ohne dass dabei eine wesentliche Erhöhung des im Innern der Waben herrschenden Drucks stattfindet, wogegen dies eintreten muss, wenn die Gelatine im Innern der Thonzelle dem Druck ausgesetzt wird ¹⁾).

Auf Grund meiner Beobachtungen und Ueberlegungen habe ich mir über die besonderen Bedingungen der Quellbarkeit bis jetzt die im Nachstehenden kurz darzulegende und auch schon mehrfach angedeutete Ansicht gebildet. Zuvor möchte ich jedoch ausdrücklich bemerken, dass ich keineswegs glaube, dieses ebenso schwierige wie wichtige Problem damit einer definitiven Lösung sehr viel näher gerückt zu haben, da ich nicht verkenne, dass auch die Vorstellung, welche mir zur Zeit als die wahrscheinlichste erscheint, noch auf recht schwachen Füßen steht und zahlreiche Schwierigkeiten darbietet. Dennoch möchte ich annehmen, dass ihre Erörterung zur weiteren Förderung des Problems beitragen kann; in diesem Sinne möge daher das Nachfolgende beurtheilt werden.

Wie schon mehrfach betont wurde, geht meine Meinung dahin, dass die quellbaren Körper einen bestimmten feinen Bau besitzen, den ich in der Regel für einen mikroskopisch fein-wabenartigen halte; d. h. die Substanz der quellbaren Körper ist dicht durchsetzt von äusserst kleinen, in d. R. einen Durchmesser von ca. $1\ \mu$ nicht überschreitenden Hohlräumchen, die nach den Gesetzen der Schaumbildung zusammengefügt sind, dem entsprechend also durch sehr zarte Lamellen der Substanz des quellbaren Körpers von einander geschieden werden. Die Dicke dieser Lamellen ist natürlich eine minimale und kann nicht direct gemessen, sondern nur geschätzt werden auf ca. $0,1\ \mu$. Die Thatsache, dass in den getrockneten quellbaren Körpern von einem solchen Bau in d. R. nichts zu sehen ist, rührt in der Hauptsache daher, dass die Hohlräumchen bei der Eintrocknung zusammensinken oder schrumpfen und sich gänzlich oder fast gänzlich schliessen; je kleiner sie daher schon an und für sich sind, um so erklärlicher ist es, dass sie im Trockenzustand völlig unsichtbar werden, der betreffende Körper also glasartig durchsichtig und anscheinend structurlos oder homogen wird.

Weniger leicht ist dagegen die Frage zu beantworten, wesshalb im gequollenen Zustand häufig von einem solchen Bau selbst bei den stärksten Vergrösserungen nichts zu bemerken ist. Dieser Fall, der besonders bei der Gela-

1) Ich erwähne bei dieser Gelegenheit, dass ich ursprünglich auch durch Quecksilberdruck aus der Gelatinegallerte Wasser auspresste. Die Gallerte wurde in ein Röhrchen gethan, dessen untere Oeffnung durch aufgebundenes Pergamentpapier geschlossen war und das in ein kleines, ziemlich dicht schliessendes Glasnäpfchen hineinragte. An das Gelatinerohr war eine hohe Glasröhre angeschlossen, die mit Hg gefüllt wurde. — Bei 760 mm Hg-Druck liess sich auf diese Weise aus $2\frac{1}{2}\%$ Gallerte langsam eine ziemliche Quantität Wasser herauspressen. In den ersten 5 Tagen 0,168 gr, in den darauf folgenden 5 Tagen 0,109. Da diese Versuche sehr häufig misslangen, indem der Apparat leicht undicht wurde und das Hg gewöhnlich in die Gelatinegallerte eindrang, so habe ich sie nicht weiter fortgesetzt.

tingegallerte hervortritt, beruht nach meiner Vermuthung hauptsächlich darauf, dass der Unterschied in der Lichtbrechung zwischen der Gelatinesubstanz und der in den Hohlräumchen eingeschlossenen Flüssigkeit zu gering ist, um die sehr feine Structur erkennen zu lassen. Einen Beweis für diese Annahme habe ich schon oben gegeben; dazu mag sich jedoch auch, in diesem wie in anderen Fällen, gesellen, dass die Hohlräumchen sehr klein sind und daher schon unter geeigneten Bedingungen an und für sich sehr schwierig wahrnehmbar. Denn ich habe schon früher (1894 p. 4–5 d. S. A.) in einer Reihe von Fällen wahrscheinlich gemacht, dass die Hohlräumchen sich zuweilen so verkleinern können, dass sie bei Erfüllung mit Wasser überhaupt nicht mehr erkennbar sind, es jedoch werden, wenn durch Ersatz des Wassers durch Luft der Brechungsunterschied zwischen dem Gerüstwerk und dem Inhalt stark vergrößert wird. Diese Erfahrung macht es daher wahrscheinlich, wenn nicht gewiss, dass wenn die Hohlräumchen relativ klein sind und die Substanz ihrer Wände relativ schwach lichtbrechend, ihre Wahrnehmbarkeit im gequollenen Zustand sehr beeinträchtigt oder ganz aufgehoben wird.

Durch eine Reihe von Untersuchungen (1892–94) habe ich zu zeigen versucht, in welcher Weise ein derartiger Bau durch einen sogenannten Entmischungsprocess zu entstehen vermag, indem aus einer Lösung der betreffenden Substanzen, unter dem Einfluss einer dritten Substanz oder sogar nur beim Eintrocknen, eine Ausscheidung des Lösungsmittels (in der Regel in Mischung mit der 3. Substanz) in unzähligen kleinsten Tröpfchen eintritt, um welche die sie einschliessende Masse, der ein ansehnlicher Theil ihres Lösungsmittels entzogen wurde¹⁾, allmählich erstarrt und so zu dem Gerüstwerk des Ganzen wird. Auf diese Weise entwickelt sich naturgemäss ein wabig-schaumiger Bau. Dennoch wird, bei der Feinheit der vorliegenden Structuren, sich durch einfache mikroskopische Untersuchung nie völlig sicher entscheiden lassen, ob die Hohlräumchen sämmtlich gegen einander abgeschlossen sind, oder ob sie nicht theilweise unter

1) In der Regel wird dieser Vorgang also folgendermassen verlaufen. Ein Körper A ist gelöst in B; wird nun ein Körper C zugesetzt, der von A nur eine sehr geringe Menge löst, sich jedoch mit B in beliebiger Menge mischt, so entstehen zwei von einander sich scheidende Lösungen: 1) viel A mit weniger B wie früher und sehr wenig C und 2) viel B + viel C und sehr wenig A. Ein fester Gerinnungsschaum kann nun aus diesem anfänglich flüssigen Gemisch dann entstehen, wenn die Lösung 1 bei fortgesetztem Zutritt des Körpers C endlich erstarrt. In der Regel wird die dritte Substanz C bei einem solchen Entmischungs- und Gerinnungsvorgang langsam von Aussen in die Lösung diffundiren und so den eben erwähnten Process allmählich hervorrufen. In dem Maasse als C zutritt, wird sich die Lösung 2, bestehend aus viel B + viel C und sehr wenig A, von der Lösung 1, d. h. viel A + viel B + wenig C, sondern und in Form feinsten Tröpfchen ausscheiden. Natürlich könnte mit dem Zutritt der Substanz C auch ein chemischer Umwandlungsprocess verbunden sein. Als weitere Bedingung für die Entstehung guter Gerinnungsschäume auf diesem Wege ist jedoch erforderlich, dass der ganze Vorgang sich mit einer gewissen Schnelligkeit bis zum Erstarren des Gerüsts vollzieht, wesshalb auch meist nur dünne Schichten oder wenig voluminöse Partien auf diese Weise gute Gerinnungsschäume geben. Anders ist dies, wenn die Gerinnung durch Temperaturerhöhung hervorgerufen wird, da es dann leicht gelingt, den Vorgang auch in einer grossen Masse der zu gerinnenden Lösung gleichmässig hervorzurufen.

einander kommunizieren. Dies kann um so weniger völlig ausgeschlossen werden, als ja bei der Entstehung solcher Gerinnungsschäume, die Gerüstsubstanz zuerst ebenfalls flüssig ist und es daher wesentlich von der Schnelligkeit ihres Erstarrens und gewissen andren Bedingungen abhängt, ob die ausgeschiedenen feinen Tröpfchen ganz gesondert bleiben oder Zeit haben theilweis zusammenzufließen.

Ausser auf diesen Bildungsgang derartig structurirter Substanzen habe ich weiterhin noch auf einen zweiten hingewiesen, welcher sehr wahrscheinlich gleichfalls zur Entstehung wabig gebauter Gerüste feinsten Art führt (1894). Es ist dies der Aufbau solcher Gerüste aus feinsten Globuliten, die sich zu kleinsten Hohlräumchen zusammenfügen, die, ihrerseits wieder aneinanderwachsend, schliesslich zu ähnlich structurirten Körpern führen. Einen solchen Entwicklungsgang habe ich für die Sphärokrystalle des Inulins und anderer Stoffe nachzuweisen gesucht, woraus weiter folgt, dass er auch für die ganz entsprechend gebauten der Stärke und der Cellulose gültig sein dürfte und daher vielleicht auch auf die übrigen, namentlich die natürlichen Cellulosegebilde ausgedehnt werden darf. — Eine besondere Frage ist es wohl, ob die grosse Aehnlichkeit, welche die feinen Structuren der auf diesen beiden Wegen entstandenen Arten von Körpern zeigen, nicht doch durch eine noch grössere Uebereinstimmung in ihrem Bildungsprocess bedingt wird, als es der Forschung bis jetzt aufzuklären gelang. — Für die zweite Kategorie solcher Körper ist es nun auf Grund ihrer vermuthlichen Bildungsweise sehr wahrscheinlich, dass die feinsten Hohlräumchen, welche sie durchsetzen unter einander grossentheils kommunizieren, dass der Bau dieser Körper daher ein mehr schwammartiger ist.

Jedenfalls halte ich aber, auf Grund meiner Erfahrungen das Vorhandensein eines solchen waben- bis schwammartigen Baues feinsten Beschaffenheit für eine Bedingung der Quellbarkeit. Unter den so beschaffenen Substanzen sind nun jedoch die einen quellbar, die anderen nicht und die Erkenntnis der Ursache der Quellung wird zunächst diese Verschiedenheit aufzuklären haben. Ein Sphärokrystall von Inulin, kohlensaurem Kalk oder anderen anorganischen Stoffen, die eingetrocknete Kieselsäuregallerte etc. quellen nicht, obgleich sich ihre Hohlräumchen bei dem Eintauchen in Wasser mit demselben erfüllen und die vorhandene Luft entweicht. Selbst wenn bei solchen Körpern unter diesen Umständen eine geringe Volumzunahme gelegentlich vorkommen sollte, wie dies ja von Famintzin (1884) für künstlich hergestellte Kieselsäuremembranen angegeben wird, so ist sie doch so geringfügig, dass sie mit den Verhältnissen bei der eigentlichen Quellung nur entfernt zu vergleichen ist.

Da nun im Uebrigen die Beschaffenheit dieser beiden Arten von Körpern, man denke nur an das so stark quellbare Stärkekorn und das Inulinkorn, so übereinstimmend ist, so muss eine Verschiedenheit der sie aufbauenden Gerüstsubstanz bestehen. Diese Verschiedenheit suche ich nun hauptsächlich darin, dass die Gerüstsubstanz der eigentlich quellbaren Körper durch die Quellungsflüssigkeit eine Veränderung erfährt, durch welche sie in hohem Maasse dehnbar wird, während bei nicht quellbaren Körpern keine solche Veränderung ein-

tritt. Dass die Quellungsflüssigkeit eine solche Veränderung der Substanz quellbarer Körper bewirkt, scheint mir schon dadurch angezeigt zu werden, dass sie im gequollenen Zustand so bedeutend an Dehnbarkeit und Biegsamkeit zunehmen. Im trocknen Zustand sind sie ja fast alle sehr wenig dehnbar und biegsam, spröde und brüchig. Zwar muss schon die Erfüllung der Hohlräumchen mit Wasser die Biegsamkeit und Dehnbarkeit sehr erhöhen. Denn denken wir uns einen eingetrockneten quellbaren Körper, z. B. geronnenes Eiweiss, dessen Hohlräumchen durch Zusammenschrumpfen und wahrscheinlich auch Verkleben der Wände fest zusammengepappt sind, so wird die Dehnbarkeit und Biegsamkeit gering sein, da wir nun den betreffenden Körper hinsichtlich dieser Eigenschaften mit einem gleich dicken homogenen festen Körper annähernd vergleichen dürfen. Wenn dagegen im gequollenen Zustand die überaus dünnen Wände der Hohlräumchen durch das eingedrungene Wasser auseinander gedrängt worden sind, so muss dadurch die Biegsamkeit und Dehnbarkeit stark vergrössert werden; besonders gilt dies für die Biegsamkeit, da die Biegung unter sonst gleichen Bedingungen (d. h. bei gleichem Gewicht als biegende Kraft und gleicher Breite) umgekehrt proportional der 3. Potenz der Dicke ist. Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse würde sich hieraus wohl theoretisch noch eine grössere Biegsamkeit der gequollenen Körper gegenüber dem trocknenen Zustand berechnen lassen, als sie die Beobachtungen von Reinke (1879) bei *Laminaria* thatsächlich nachwiesen. Wie gesagt, scheinen mir jedoch diese Bedingungen allein nicht genügend, die grössere Biegsamkeit der gequollenen Körper zu erklären. Ich schliesse dies auch aus dem Umstand, dass sich gequollene Körper, wie Gelatinegallerte, geronnenes Eiweiss etc. auch hart und wenig biegsam machen lassen, unter Erhaltung ihrer wabigen Hohlräumchen. Wie oben schon genauer dargelegt wurde, geschieht dies bei der vorsichtigen Erhärtung in allmählich steigendem Alkohol oder anderen geeigneten Flüssigkeiten und auch bei der Erfüllung der Hohlräumchen mit Luft, wie dies unter geeigneten Bedingungen, die früher näher auseinander gesetzt wurden, möglich erscheint. In diesen Fällen, ebenso aber auch, wenn der Alkohol durch geeignete Flüssigkeiten ersetzt wird, die keine directe Affinität zu der quellbaren Substanz haben, werden die betreffenden gequollenen Körper hart und wenig biegsam. Wenn es sich zwar um sehr wasserreiche Gallerten handelt, wie Gelatine von etwa 2 % und Agar von 1 % oder weniger, dann bleibt auch im gehärteten Zustand eine ziemliche Biegsamkeit, was sich daraus erklären wird, dass die Lamellen des Gerüstsystems bei diesen, durch Gelatiniren der Lösung entstandenen Gallerten um so dünner werden müssen, je wasserhaltiger die ursprüngliche Gallerte ist; ein Umstand der sich leicht verstehen lässt, wenn wir uns den Vorgang bei einem solchen Entmischungsprocess, wie er nach unserer Ansicht zur Bildung des wabigen Gerüstwerks führt, bei verschiedenen gradigem Wassergehalt der ursprünglichen Lösung näher überlegen. Auf dem Anschwellen der wabigen Hohlräumchen und dem Grösser- und Dünnerwerden der einzelnen Gerüstlamellen beruht nach meiner Meinung auch im We-

sentlichen die Erscheinung, dass die Gallerten mit steigendem Gehalt an Quellungsflüssigkeit so rasch an Festigkeit abnehmen.

Aus den vorgetragenen Gründen, bin ich daher der Ansicht, dass ein Theil Quellungsflüssigkeit von der Substanz des quellenden Körpers aufgenommen wird und es wird sich weiter fragen, in welcher Weise dies geschehen kann. Die einfachste Möglichkeit wäre die, eine chemische Verbindung zwischen der Quellungsflüssigkeit und dem quellenden Körper, insbesondere für die in Wasser quellenden Körper eine Hydratbildung der Substanz anzunehmen. Dass eine grosse Verwandtschaft zwischen quellenden Substanzen und der Quellungsflüssigkeit besteht, haben schon Liebig (1848) und Ludwig (1849) für thierische quellbare Gewebe, wie Blase u. dergl. hervorgehoben. So betont Ludwig die ausserordentliche Hygroskopie der trockenen thierischen Membranen, die sogar krystallisiertem Chlorcalcium und englischer Schwefelsäure Wasser entziehen (p. 16) und führt in dieser Hinsicht weiter den interessanten Versuch an, dass man durch Eintauchen einer trocknen Membran in gesättigte Kochsalzlösung einen Theil des NaCl zum Auskrystallisieren bringen kann. Diese Thatfachen, die sich wohl durch geeignete weitere Versuche noch erweitern und fester gestalten liessen, beweisen doch wohl sicher eine Verwandtschaft im Sinne der chemischen oder wenigstens derjenigen, welche sich bei Lösungsvorgängen zeigt. Eine Entscheidung der Frage nach der verschiedenen Art, in welcher die Quellungsflüssigkeit in den gequollenen Körpern enthalten ist, liesse sich wohl durch weitere Ausdehnung und exactere Durchführung der Auspressungsversuche erwarten; denn es ist wahrscheinlich, dass die von der Substanz selbst gebundene Flüssigkeit nicht auspressbar ist im Gegensatz zu der in den Hohlräumen enthaltenen. — Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass die Versuche, welche ich in dieser Richtung mit Gelatinegallerte anstellte, kein sehr zuverlässiges Resultat ergeben haben. Immerhin ist es für die vorliegende Frage von einer gewissen Bedeutung, dass bei der Auspressung sehr verschiedenen wasserhaltiger Gelatinegallerten eine Gelatine restirte die ca. 75 % Wasser enthielt, ein Umstand, der die ausgesprochene Vermuthung wohl zu unterstützen geeignet sein dürfte.

Ausser der oben erwähnten Vermuthung, dass die Aufnahme der Quellungsflüssigkeit in die quellbare Substanz selbst, einer chemischen Verbindung nach Analogie der Hydratbildung vergleichbar sei, liesse sich auch die Ansicht vertreten, dass diese Aufnahme einer Lösung zu vergleichen sei. Die Quellungsflüssigkeit werde in der Substanz des Körpers gelöst, es bilde sich eine Vereinigung die man eine feste Lösung nennen könnte. Ein solcher Vorgang hat, wie ich nicht verkenne, eine grosse Uebereinstimmung mit der Anschauung, die sich Nägeli von dem Quellungs Vorgang überhaupt bildete. Immerhin scheint mir dieser Gedanke nicht ganz abzuweisen zu sein. Ich möchte dies namentlich aus dem besonderen Verhalten der Lösungen jener Substanzen schliessen, die sich durch Quellbarkeit auszeichnen. Werden solche Lösungen, also z. B. die von Gummi, löslicher Gelatine, Eiweiss u. a., eingetrocknet, so wird bekanntlich

die Lösung immer dicker und zäher, bis sie schliesslich in den festen Zustand übergeht; und selbst dann ist das Wasser nur theilweis entwichen, denn es bedarf anhaltender Trocknung bei höherer Temperatur, um es völlig zu vertreiben. Man bemerkt bei dieser Eintrocknung auch nicht, wie bei der von Lösungen anderer, speziell krystallinischer Körper, die Ausscheidung fester Partikel; die eintrocknende Lösung trübt sich nicht, sondern geht ohne jede Trübung aus dem flüssigen in den festen Zustand über. Ob dieses Verhalten, welches darauf hinweist, dass beim Eintrocknen der Lösung jener quellbaren Körper kein Moment eintritt, wo die gesättigte Lösung die gelöste Substanz in fester Form ausscheidet, darauf beruht, dass hier ein solcher Sättigungspunkt nicht existirt, sondern die Lösung der festen Substanz, so zu sagen, allmählich in eine des Lösungsmittels in der festen Substanz übergeht, oder ob sich diese Erscheinung eventuell dadurch erklärt, dass sich aus den Lösungen dieser Substanzen nach Erreichung des Sättigungspunktes die gelöste Substanz in Form kleinster globulitischer Gebilde abscheidet, welche ihrer Kleinheit wegen keine Trübung hervorrufen, suche ich hier nicht zu entscheiden. Jedenfalls dürfte aber die Besonderheit der Lösungen dieser Substanzen auch die von uns vorausgesetzte Aufnahmefähigkeit für das Lösungsmittel wahrscheinlicher zu machen im Stande sein.

Schon Chevreul kam bei seiner Untersuchung der quellbaren thierischen Gewebe und des geronnenen Eiweisses zu einer ganz entsprechenden Vorstellung: dass das Wasser in diesen Körpern in zweierlei Form enthalten sei; worauf ich, wie gesagt, erst aufmerksam wurde, als ich mir diese Ansicht schon selbständig gebildet hatte. — Ein Theil des Wassers bemerkt Chevreul sei sicher durch Affinität festgehalten; dies gehe bestimmt daraus hervor, dass alle diese Stoffe sehr „hygrometrisch“ seien. Ein anderer Theil des Wassers dagegen werde durch Cohäsion zurückgehalten, wobei er auf die Verhältnisse des Badeschwamms hinweist. Die Opacität dieser Substanzen im wasserhaltigen Zustand mache es sehr wahrscheinlich, dass ein Theil des Wassers nicht durch Affinität festgehalten werde. Andererseits weise es auf chemische Affinität hin, dass solche Substanzen, im trockenen Zustand in Alkohol, Oel etc. eingetaucht, nicht geschmeidig und elastisch werden. Man sieht, es sind im Wesentlichen dieselben Argumente, welche auch ich in dieser Beziehung anführen musste.

Liebig (1848) spricht sich ganz ähnlich wie Chevreul aus, auf dessen Arbeit seine diesbezüglichen Ansichten jedenfalls im Wesentlichen beruhen, obgleich dies nicht genügend bemerkt ist. Er sagt direkt, dass bei der Auspressung dasjenige Wasser austrete, „welches nicht durch chemische Anziehung festgehalten werde“ (p. 5).

Ludwig ist jedenfalls zweifelhaft hinsichtlich der Beurtheilung der auch von ihm festgestellten grossen Verwandtschaft der thierischen Membranen zu Wasser. Er bemerkt darüber (p. 22): „Die kleinsten Theilchen der Membran haben eine ausgesprochene Verwandtschaft — ob chemische oder adhäsive wird uns die Chemie erläutern, wenn sie sich aus ihrem theoretischen Elend erhoben

hat — zu dem Wasser, wie durch ihre Condensationskraft der Wasserdämpfe und ihre Begierde aus Salzlösungen Wasser aufzunehmen, hervorgeht“. Da er sich jedoch auf den Boden der Brücke'schen Theorie der Endosmose stellt und seine Erfahrungen über die Membranen für eine Bestätigung dieser Theorie hält, so hat er jedenfalls der Ansicht, dass die Bindung des Wassers eine adhäsive sei, den Vorzug gegeben. Im Besonderen ist er der Meinung, dass seine Erfahrungen über die Imbibition der Membranen mit Salzlösung eine Bestätigung dieser Theorie bildeten. Bekanntlich wies er nach, dass trockene, in Salzlösungen gequellte Membranen stets Salz und Wasser in einem Verhältniss aufnehmen, das einer bedeutend minderprocentigen Lösung entspricht, also relativ mehr Wasser wie Salz. Diese Erfahrung steht nun auch mit der Ansicht der chemischen Bindung im Einklang.

Es schien mir angezeigt, auch die Aufnahmefähigkeit der trockenen Gelatine für NaCl-Lösung in analoger Weise zu prüfen, dabei ergab sich ein dem Ludwig's ganz entsprechendes Resultat.

Angewendet ein bei 120° getrockneter Gelatinestreif . .	= 0,0736 gr.
Derselbe 36 h. in 26,8 % NaCl-Lösung gequollen . . .	= 0,2585 „
Der Streif hat daher aufgenommen NaCl und Wasser .	= 0,1849 gr.
„ „ nach Trocknung bei 110°	= 0,0979 „
Er erhält daher NaCl	= 0,0243 gr.

Seine Zusammensetzung im gequollenen Zustand war also:

Gelatine = 0,0736	= 28,5 %
Wasser = 0,1606	= 62,1 %
NaCl = 0,0243	= 9,4 %
	0,2585.

Das aufgenommene Wasser + NaCl entspräche einer Lösung von nur 13,4 %, während die zur Quellung verwendete Lösung 26,8 % NaCl enthielt.

Ludwig hat nun weiterhin das Verhalten der Salzlösung in der Membran dadurch geprüft, dass er sie in einer Handpresse auspresste und dabei fand, dass der Procentgehalt der Pressflüssigkeit den der ursprünglichen Salzlösung um 0,4–0,5 % überstieg. Aus diesen Ergebnissen schliesst er daher mit Brücke, dass die Salzlösung in den Porenkanälen der Membran durch die stärkere Anziehung, welche die Kanalwände auf das Wasser ausüben, gewissermaassen in 2 Zonen geschieden wird. In der nächsten Nähe der Kanalwände befände sich daher eine dünne Schicht reinen Wassers, die bis gegen die Axe der Kanäle fortgesetzt an Concentration zunehme.

Mir scheint diese Anschauung jedoch mit den ermittelten Thatsachen wenig zu harmoniren. Wenn die Vorgänge in der Membran thatsächlich auf diese Weise verliefen, so wäre meiner Ansicht nach zu erwarten, dass die ausgepresste Lösung, da sie nur aus den inneren, concentrirteren Partien der Kanäle hervorgehen soll, auch beträchtlich concentrirter wäre wie die ursprüngliche Lösung, was jedoch wie gesagt, nach Ludwigs Erfahrungen nicht

der Fall ist; ja er bemerkt sogar, dass die geringe Erhöhung des Procentgehaltes wohl nur durch die Aufnahme einer geringen Menge organischer Substanz bedingt sei. Weiterhin halte ich auch für wahrscheinlich, dass bei der Ludwig-Brücke'schen Annahme über die Vorgänge in der Membran eigentlich zu erwarten wäre, dass das von der Membran aufgenommene Wasser und Salz in dem Verhältniss eines beträchtlich geringeren Procentgehalts ständen wie die ursprüngliche Lösung. Dies folgt aus dem, was oben im Anschluss an Schwendener über die Maximalerweiterung der Porenkanäle auf das Doppelte des Radius der molekularen Wirkungssphäre bemerkt wurde und aus dem von Brücke und Ludwig gemachten Annahmen über die Wirkungsweise der Wand der Porenkanäle. Angesichts dieser Schwierigkeiten, die nur durch erweiterte und namentlich auch auf poröse, nicht quellbare Körper ausgedehnte Versuche gehoben werden könnten, glaube ich, die einfachere Vorstellung über die chemische Bindung des Substanzwassers als die wahrscheinlichere erachten zu müssen. Auch Pfeffer (1877, p. 40), der ein energischer Anhänger der Brücke-Ludwig'schen Theorie ist, gibt doch zu, dass die Ludwig'schen Versuche über die Wasseraufnahme der thierischen Membranen sich auch durch Aufnahme von Wasser in die sog. Tagmen, d. h. die Molekülgruppen der betreffenden Substanzen erklären liessen, was mit der von mir hier vertretenen Auffassung im Wesentlichen übereinstimmen würde. Dies geht noch entschiedener aus seiner Bemerkung auf p. 37 hervor: „Dass man wohl jeden Eintritt eines Stoffes in das Molekülaggregat eines Tagmas als einen Fall chemischer Bindung ansehen könne“. Ebenso ist er der Meinung, welche mit der unserigen sich eng berührt, dass wahrscheinlich alle Körper im colloidalen Zustand dem Krystallwasser analog gebundenes Wasser enthalten“ (p. 33).

Eine besondere Betrachtung bedürfen noch diejenigen quellbaren Körper, welche sich im gequollenen Zustand beim Erwärmen verflüssigen, wie Gelatine, Agar u. dergl. — Nach unserer Vorstellung muss dies darauf beruhen, dass die wasserhaltige Substanz der Wabenwände bei einer gewissen Temperatur schmilzt und in dem geschmolzenen flüssigen Zustand mit Wasser vollständig mischbar ist. Auf diesem Wege entsteht dann bei höherer Temperatur eine völlig flüssige Lösung der Substanz. Wird diese wieder abgekühlt, so tritt bei einem gewissen Zeitpunkt wieder eine Entmischung ein; es sondern sich von einander zwei Lösungen, von welchen die eine aus viel Wasser und wenig Gelatine, die zweite aus viel Gelatine und weniger Wasser besteht. Die letztere erstarrt hierauf, während die erstere flüssig bleibt; auf diese Weise bildet sich das feste Gerüst aus, welches den flüssig gebliebenen Theil in seine Wabenräume einschliesst. Es scheint mir wohl möglich, dass dieser Entmischungsvorgang, welcher sonst, wie oben erwähnt wurde, gewöhnlich nur bei gleichzeitiger Gegenwart dreier Substanzen beobachtet wird, noch dadurch unterstützt oder erklärlicher wird, wenn wir die Möglichkeit zugeben, dass die betreffenden Substanzen bei verschiedener Temperatur verschiedene Hydratzustände von differenter Löslichkeit haben, wie dies ja für gewisse anorganische Salze, insbesondere das schwefelsaure Natron, sicher erwiesen ist. Dann liesse sich also annehmen, dass die

Gelatine bei höherer Temperatur ein Hydrat bildet, das in Wasser beliebig löslich ist, und dass sich bei der Abkühlung, unter Rückbildung der Hauptmenge der Gelatine in das ursprüngliche Hydrat, das nur eine beschränkte Mischbarkeit mit Wasser besitzt, der oben geschilderte Entmischungsvorgang vollzieht, der zum wabigen Bau der Gallerte führt. Einen analogen Vorgang müssen wir ja wohl auch bei dem Gerinnungsprocess der Lösungen vieler kolloidaler Körper annehmen, wie Eiweiss, Kieselsäure und der grossen Zahl sog. kolloidaler Lösungen verschiedenartiger Verbindungen, welche Grimaux (1884) u. A. dargestellt haben. In allen diesen Fällen dürfte es sicher sein, dass die Gerinnung und Gallertbildung mit einer Veränderung des gelösten Körpers, sei es einer Condensation desselben unter Ausscheidung von Wasser oder einer Dissociation mit Aufnahme von Wasser, in Zusammenhang steht. Dennoch ist es auch nicht ganz ausgeschlossen, dass in einfachen Lösungen zweier Körper bei verschiedenen Temperaturen Entmischungsprocesse statthaben, wenigstens ist darüber einiges bekannt geworden (vergl. Lehmann, Molekularphysik I, p. 614—615); wenn auch die dort aufgeführten Fälle nicht ausschliessen, dass die betreffenden Erscheinungen auf Aenderungen beruhen, welche diese Körper in ihrer Lösung bei verschiedenen Temperaturen erfahren.

Indem wir wieder zu der Erörterung unserer Ansicht über die Vorgänge bei der Quellung zurückkehren, nehmen wir also an, dass das Gerüstwerk der quellbaren Substanz bei der Einwirkung des Quellungsmittels einen Theil des letzteren aufnimmt und dadurch dehnbarer und biegsamer wird. Gleichzeitig wird diese Veränderung die Wabenwände wahrscheinlich auch ein wenig vergrössern und dazu beitragen, dass die Wabenhohlräume, welche wir uns in der trockenen Substanz ganz oder fast ganz geschlossen denken müssen, sich etwas öffnen und daher Quellungsflüssigkeit in die Hohlräume eindringt. Diese Annahme dürfte zwar nicht ganz nothwendig erscheinen, denn wenn, wie es sicher ist, die Wände der Hohlräume für die Quellungsflüssigkeit durchdringlich sind, so wird diese auch in das Innere der Waben gelangen und hier zu dem Rest der eingetrockneten Substanz treten, welche in dem gequollenen Zustand in der Flüssigkeit des Wabeninhalts gelöst war. Denn, wie oben dargelegt wurde, haben wir bei unseren Auspressungsversuchen, mit Ausnahme der Cellulose, stets gefunden, dass die auspressbare Flüssigkeit eine geringe Menge der quellbaren Substanz gelöst enthält. Es scheint mir auch nicht ausgeschlossen, obgleich dies nicht erwiesen ist, dass diese in der Pressflüssigkeit gelöste Substanz eine löslichere Modification ist. Das Zusammentreffen der eingedrungenen Flüssigkeit mit dieser vielleicht löslicheren Partie des Wabeninhalts (resp. auch unter der obigen Voraussetzung, die theilweise Füllung der Wabenräume mit Flüssigkeit) wird zur Folge haben, dass sich in den Wabenhohlräumen eine, wenn auch nur schwache Lösung der Substanz bildet, welche auf osmotischem Wege das Einströmen neuer Flüssigkeit bewirkt, so lange, bis der osmotische Druck in den Hohlräumen so gesteigert ist, dass sich Ein- u. Ausströmung das Gleichgewicht halten.

Es wurde oben vorausgesetzt, dass die dünnen Wände der Hohlräume für benetzende Flüssigkeiten leicht durchdringlich seien; dass dies zweifellos so ist und nicht etwa nur für die Quellungsflüssigkeit, sondern für benetzende Flüssigkeiten überhaupt gilt, geht ja schon aus den früher mitgetheilten Erfahrungen hervor, dass es möglich ist, das Wasser der Waben Hohlräume successive durch zahlreiche Flüssigkeiten zu ersetzen. — Es folgt dies andererseits aber auch aus den von mir früher geschilderten Beobachtungen an Gelatineölemulsionen und den Gerinnungsschäumen sehr verschiedenartiger Substanzen, deren Hohlräumen sich bei der Eintrocknung mit Luft erfüllen und bei Ueberführung in benetzende Flüssigkeiten wieder mit diesen, ohne dass die genaueste Untersuchung im Stande ist, Lücken oder Risstellen in den Wänden der Hohlräume nachzuweisen. Die Thatsache der leichten Durchgängigkeit der ungemein dünnen Wände solcher Schäume für Flüssigkeiten und Gase steht daher fest. Anders liegt aber die Frage, wie dies zu deuten ist. Es steht natürlich frei, eine Porosität der Wände anzunehmen; wobei aber zu beachten ist, dass selbst die stärksten Vergrößerungen davon vorerst nichts zeigen. Man könnte sich sogar diese Porosität entstanden denken durch einen Aufbau der Wände aus feinsten Globuliten. — Andererseits darf man jedoch, wie ich meine, nicht ausser acht lassen, dass die Lamellen, um die es sich hier handelt, von einer Dünne sind (in der Regel dürften sie, wie bemerkt, $\frac{1}{10} \mu$ nicht überschreiten), welche auch bei den uns bis jetzt als undurchdringlich geltenden festen Körpern vielleicht ähnliche Eigenschaften bedingen könnte. Es scheint mir wenigstens nicht ganz ausgeschlossen, dass Lamellen von dieser Dünne auch bei sonst undurchdringlichen Stoffen möglicherweise eine merkbare Durchlässigkeit für Flüssigkeiten und Gase zeigen dürften, ebenso wie sich in den feinen Oelschäumen die ungemein dünnen Oellamellen sehr durchgängig für wässrige Flüssigkeiten erweisen, während dickere Oelschichten Wasser nicht passieren lassen oder doch nur äusserst langsam und spärlich.

Auf dieser Durchgängigkeit der Wände für Flüssigkeiten beruht nach meiner Anschauung über den Bau der gequollenen Körper auch die Auspressbarkeit der Quellungsflüssigkeit aus den Wabenräumen. Wir haben oben gefunden, dass die Druckkräfte, welche im Stande sind, aus Gelatinegallerte Flüssigkeit herauszupressen, mit der Zunahme der Gallerte an fester Gelatine rasch anwachsen und dass bei 20 % Gallerte der Druck einer Atmosphäre nicht mehr ausreicht. Den Grund dieser Erscheinung suche ich in der verschiedenen Dicke der Wabenwände, welche, wie schon oben bemerkt wurde, bei der Gelatinegallerte um so geringer werden muss, je wasserhaltiger dieselbe ist. Je dicker aber die Wände sind, desto stärker wird jedenfalls der Druck sein müssen, der Wasser durch sie treiben kann. — Wir finden in dieser Anschauung auch eine Erklärung für die oben mitgetheilte eigenthümliche Erfahrung, dass sich sowohl aus der 5 % wie der 10 % Gelatinegallerte soviel Wasser auspressen liess, dass eine ca. 25 % Gallerte zurückblieb, während doch schon die 20 % bei den verwendeten Druckkräften keine Spur Wasser austreten liess. Die Erklärung

hierfür erblicke ich nämlich darin, dass bei der Auspressung der Gelatine in einer Thonzelle die Wände der Waben jedenfalls nicht verdickt, sondern eher durch Spannung verdünnt werden. Die zusammengepresste Gelatine wird nämlich nicht etwa an dem Boden der Zelle zusammengedrückt, sondern, da sie an der Wand der Zelle haftet, bleibt sie mit dieser dauernd in Zusammenhang; eine Verdickung der sich parallel der Wand der Thonzelle lagernden Wabenwände kann also unter diesen Bedingungen nicht wohl eintreten. Unter diesen Umständen erscheint es daher wohl möglich, dass aus der Gallerte noch Wasser ausgetrieben wird, auch wenn ihr Gehalt über 20 % gestiegen ist.

Oben wurde betont, dass die Anschwellung der Hohlräumchen bei der Quellung mit einer theilweisen Lösung der quellbaren Substanz zusammenhängen dürfte, welche osmotische Einströmung von Quellungsflüssigkeit in die Wabenräume bewirke. Hiefür spricht die Erfahrung, dass wir in der ausgepressten Flüssigkeit stets einen Antheil der Substanz gelöst fanden und dies bei Agargallerte bei mehrfacher Wiederholung der Auspressung und Aufquellung bestätigt fanden. Es wäre auch nicht unmöglich, dass die Quellungsflüssigkeit in den Wabenhöhlen einen erheblich höheren Gehalt an gelöster Substanz habe, als die ausgepresste Flüssigkeit, da es sehr wahrscheinlich ist, dass die Moleküle der gelösten Substanz die Wabenwände viel schwieriger passieren werden wie die des Wassers und die ausgepresste Flüssigkeit daher einen geringeren Gehalt hat ¹⁾.

Eine weitere Unterstützung der geäußerten Meinung, dass eine theilweise Lösung der quellbaren Substanz bei dem Quellungs Vorgang mitwirke, sehe ich in der Erfahrung, dass die Quellung, soweit bekannt, nur in solchen Flüssigkeiten stattfindet, welche wenigstens etwas lösend wirken. Stärke, Gummiarten, Eiweiss, Agar etc., für welche im Allgemeinen Wasser das Lösungsmittel ist, quellen darin auch, dagegen nicht in Alkohol und anderen Flüssigkeiten, die sich spezifisch nichtlösend gegenüber ihnen verhalten, obgleich es ja, wie wir gesehen haben, unter gewissen Bedingungen leicht ist, sie mit diesen Flüssigkeiten zu imbibieren. Harze, Kautschuk, Guttapercha dagegen zeigen sich gegenüber Wasser ganz indifferent, in Alkohol und anderen schwach lösenden Flüssigkeiten dagegen quellen sie. — Nur die Cellulose scheint dieser Auffassung zu widersprechen, da von ihrer Löslichkeit in Wasser nicht eigentlich die Rede sein kann, obgleich sie ja auch leicht in Modificationen oder Abänderungen übergeht, die in Wasser löslich sind. — Im Allgemeinen ist aber auch die Quellungs-fähigkeit der gewöhnlichen Cellulose in Wasser nicht gross ²⁾; stark quillt sie

1) Eine Abnahme der Concentration von Gummi- und Eiweisslösungen bei der Filtration durch thierische Membranen hat W. Schmidt (1861) genauer festgestellt. Siehe dort auch über frühere Versuche mit Eiweisslösungen von Valentin, Wittich und Funcke. Zu vergl. auch Gerstmann (1886).

2) Nach Schwendener (1887, p. 665) ist die Quellung der Bastfasern im Wasser sehr gering gegenüber den meisten quellbaren Körpern. Es beträgt die Zunahme in der Längsrichtung etwa 0,1 bis 0,2 %, in der Querrichtung 3—5 % „und bei manchen Bastfasern noch beträchtlich mehr“.

erst in Flüssigkeiten, denen ein gewisses Lösungsvermögen für Cellulose zukommt, wie Kupferoxydammoniak, Säuren und Alkalien. Für Chitin und Spongiolin gilt Aehnliches wie für die Cellulose.

Dass osmotische Vorgänge bei der Quellung im Spiele sein dürften, lässt sich ferner daraus schliessen, dass sich die gequollenen Körper unter dem Einfluss osmotisch wirkender Flüssigkeiten entsprechend verhalten. In Salzlösungen oder Alkohol schrumpfen sie, wie zu erwarten, indem nun ein osmotisch wirksamer Stoff, oder ein osmotischer Druck von aussen auf sie wirkt und daher ein Theil des Wassers die Waben Hohlräume verlässt. — Gegen die hier vorgetragene Ansicht über die Mitwirkung des Osmose bei dem Quellungsvorgang, liesse sich einwenden, dass nach Pfeffer's (1877) Erfahrungen die colloiden Substanzen, im Gegensatz zu den früheren Angaben Graham's, nur eine geringe osmotische Kraft entwickeln, wesshalb die sehr ansehnlichen Kraftleistungen, welche bei der Aufquellung auftreten, nicht auf die osmotische Wirkung solcher Substanzen zurückgeführt werden dürften. Ob sich dieser Einwurf vielleicht dadurch bis zu einem gewissen Grad entkräften lässt, dass die Pfeffer'schen Untersuchungen sich auf die osmotische Wirkung bestimmter Membranen, in dem besonderen Fall der in Thonzellen erzeugten Niederschlagsmembran von Ferrocyan kupfer beziehen, während in unserem Fall wesentlich andere Membranen vorliegen, scheint mir nicht unmöglich. — Andererseits muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass nach meiner Ansicht auch bei der Quellung vor der osmotischen Wirkung noch eine andere Art der Aufnahme von Quellungsflüssigkeit in's Spiel kommt, über deren Einfluss auf die Volumverhältnisse schwierig etwas Bestimmtes zu sagen ist, die aber dennoch im Sinne einer Volumvergrösserung wirken kann und daher möglicherweise zur Erklärung der so erheblichen Kräfte, welche bei beginnender Quellung auftreten, beitragen könnte.

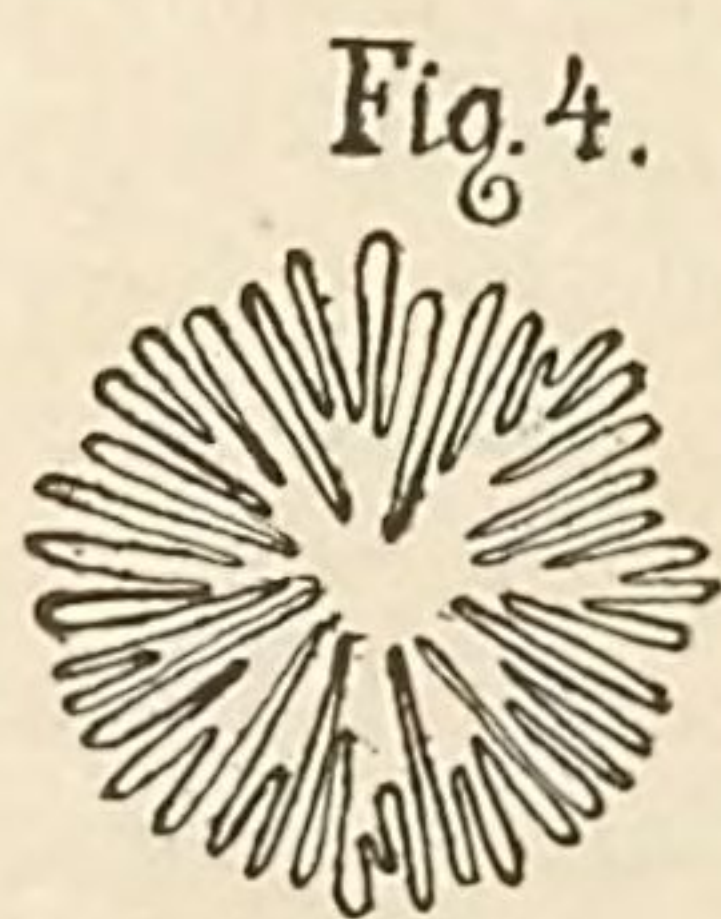
Da nach meiner Auffassung in den ersten Anfangsstadien der Quellung die Hohlräume der Waben jedenfalls eine unter den gegebenen Verhältnissen möglichst concentrirte Lösung enthalten, so ist ersichtlich, dass der osmotische Druck im Anfang auch eine bedeutende Höhe erreichen kann.

Ich hob früher schon hervor, dass ich in meiner Auffassung des feineren Baus der quellbaren Körper eine Erklärung der Thatsache finde, dass unter besonderen Verhältnissen die von der Quellung bewirkte Ausdehnung in verschiedenen Richtungen eine verschieden grosse ist. Die oben geschilderten Versuche überzeugten uns, dass ein beim Eintrocknen in bestimmter Weise deformirter gequollener Körper bei der Aufquellung im Allgemeinen wieder zur früheren Form zurückkehrt und daher auch die früheren relativen Dimensionen wieder annimmt. Die Resultate unsrer Versuche liessen sich dahin deuten, dass in denjenigen Richtungen, in welchen beim Eintrocknen eine Spannung¹⁾ entsteht,

1) Ich betone, dass hier und in dem Folgenden der Ausdruck Spannung nur in dem Sinne von Zugspannung, d. h. einer durch Dehnung oder durch Behinderung der Zusammenziehung hervorgerufenen Veränderung gebraucht ist.

beim Aufquellen eine geringere Ausdehnung, ja sogar eine Verkürzung auftritt, wenn diese Spannung einen gewissen Betrag erreicht hatte.

Nach unserer Vorstellung von dem Aufbau der quellbaren Substanzen beruht die Eintrocknung zunächst auf dem Verdampfen des Wassers oder der Quellungsflüssigkeit der Waben. Wenn dies vollkommen ungehindert geschieht, d. h. wenn der Verkleinerung der Waben in keiner Richtung ein Widerstand entgegentritt, müssen sich die Wabenräume zunächst soweit verkleinern, bis die Spannung, welche durch den Druck des flüssigen Inhalts in den Wänden bestand, aufhört; darauf aber müssen die Waben allseitig unregelmässig



zusammenschrumpfen, etwa wie die nebengezeichnete schematische Figur dies für eine Wabe zu versinnlichen sucht. Wird nun aber während des Eintrocknungsvorgangs dem Zusammenschrumpfen der Waben in einer bestimmten Richtung ein Hinderniss entgegengesetzt, so muss dies ihre Gestalt im völlig eingetrockneten Zustand modificiren. Da in dieser Richtung ein Zusammenschrumpfen nicht oder doch nur weniger möglich ist, so wird die Gestalt der eingeschrumpften Waben dementsprechend eine längliche werden oder richtiger bleiben müssen.

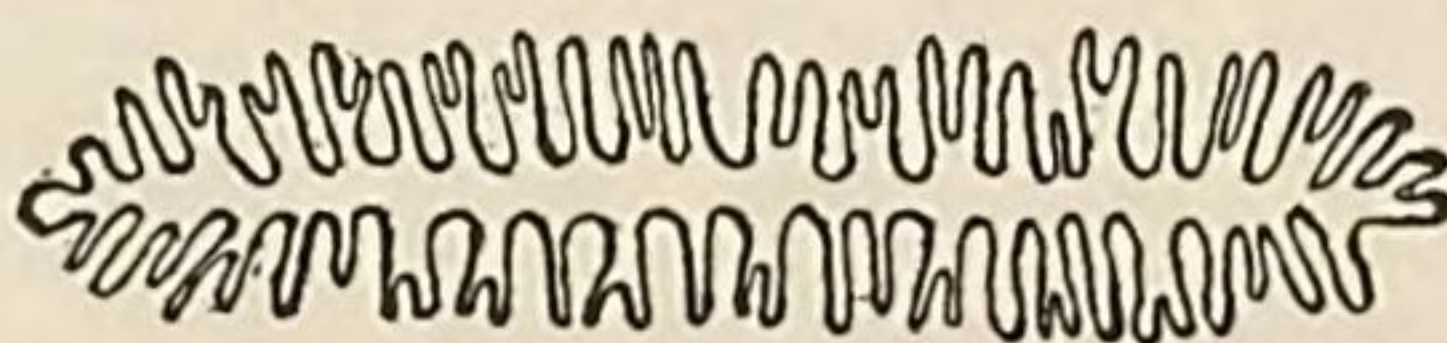
Stellen wir uns z. B. einen eintrocknenden Würfel von Gelatinegallerte vor, dessen Verhalten schon oben untersucht wurde, so trocknen, wie wir fanden, bei ihm zuerst die Kanten aus, welche im Verhältnis zu ihrem Volum der Luft die grösste Fläche darbieten; sie haben daher auch das Bestreben sich zusammenzuziehen, woran sie jedoch von der übrigen, nicht soweit eingetrockneten Gallerte gehindert werden. Daraus folgt, wie schon oben dargelegt wurde, dass sich im Beginn der Trocknung die Flächen des Würfels über die Kanten emporwölben. Die Kanten trocknen also unter diesen Bedingungen im gespannten Zustand bis zu völliger oder doch grosser Unnachgiebigkeit aus. Ihre Waben müssen sich daher in einem Zustand befinden, wie er oben erläutert wurde, d. h. sie müssen parallel den Kanten etwas länglich gestreckt sein. — In ähnlicher Weise ergeben sich die weiteren Deformationen des Gallertwürfels bei der Eintrocknung, wie sie schon oben beschrieben wurden und die ihnen entsprechenden Deformationen der Waben in den einzelnen Partien des Würfels. Auch folgt aus diesen Erfahrungen, dass das Eintrocknen eines gequollenen Körpers ohne Auftreten solcher Spannungen und Deformationen der Waben wohl überhaupt nicht möglich erscheint; denn selbst bei der Kugel, welche ja in dieser Beziehung die günstigsten Bedingungen darbieten müsste, tritt dies nicht ein, da die Oberfläche früher unnachgiebig wird und daher der Zusammenziehung des Inneren bei dessen weiterem Eintrocknen einen Widerstand entgegengesetzt, in Folge dessen schliesslich bei der Gelatinekugel sogar ein luftgefüllter Raum im Centrum der Kugel auftritt. Die inneren Schichten der Kugel müssen daher parallel der Oberfläche gespannt sein; übrigens die oberflächlichen auch, da deren Zusammenziehung beim Eintrocknen an dem Innern der Kugel ein Hinderniss findet.

Wie gesagt, scheint mir aus diesen Erfahrungen und Ueberlegungen her-

vorzugehen, dass beim Eintrocknen jedes gequollenen Körpers solche Spannungen und Deformationen der Waben auftreten müssen und daher auch schwerlich ein eingetrockneter gequollener Körper zu finden sein wird, der sich beim Wiederaufquellen nach allen Dimensionen völlig gleich ausdehnt. Natürlich wird dies wenig oder nicht bemerkt werden, wenn man aus einem grösseren eingetrockneten solchen Körper ein kleines Fragment von gewisser Stelle herausnimmt, wo die Verschiedenheit wenig gross ist, z. B. eine Ecke des eingetrockneten Würfels; um so auffallender dagegen ist die Verschiedenheit in der Grösse der Ausdehnung, wenn man ein Fragment der Ecke mit einem des Würfelcentrums vergleicht.

Wenn nun solch' ein getrockneter Körper, dessen geschrumpfte Waben beim Eintrocknen in einer Richtung länger geblieben sind, wieder aufquillt, so werden sich die Waben allmählich füllen und dabei ihre frühere Gestalt wieder anzunehmen streben. Bei einer allseitig geschrumpften Wabe, wie sie oben (Fig. 4) gezeichnet ist, wird dies natürlich nur geschehen können unter allseitiger Ausdehnung, d. h. unter Vergrösserung nach allen Dimensionen.

Fig. 5.



Hat die Wabe jedoch bei der Eintrocknung eine verlängerte Gestalt angenommen, wie sie in Fig. 5 gezeichnet ist, so wird die Ausdehnung naturgemäss vorwiegend nach den Schmalseiten vor sich gehen, so lange bis die Wabenwände wieder prall geworden und eine Spannung in denselben eingetreten ist. — Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei dieser Anschwellung zunächst überhaupt keine Spannungen in den Wabenwänden auftreten werden, da diese ja geschrumpft und gefaltet sind; es werden daher zunächst nur diese Faltungen wieder ausgeglättet, die Wände werden allmählich wieder prall; erst, wenn dieser Zustand eingetreten ist, tritt eine Spannung in den Wänden auf, welche von Einfluss auf die weiteren Vorgänge sein wird. — Aus dieser Darlegung folgt also, dass quellbare eingetrocknete Körper, deren Waben nach einer Richtung länger sind wie nach den darauf senkrechten, beim Aufquellen zunächst in der ersten Richtung weniger oder nicht quellen werden, was natürlich von dem Unterschied der Dimensionen der eingetrockneten Waben abhängig ist.

Wird dagegen eine Lamelle gequollener Substanz auf einer Unterlage, an welcher sie haftet, eingetrocknet, z. B. eine Gelatinelamelle auf Glas oder Holz, so hindert das Anhaften bei der Austrocknung die Verkürzung der Waben in den Dimensionen, die parallel der Unterlage liegen; die Waben schrumpfen daher nur in der dritten oder Höhendimension und in dieser allein findet daher auch beim Aufquellen eine Zunahme statt. — In ähnlichem Zustand befindet sich eine käufliche trockene Leim- oder Gelatinetafel, die bei der Quellung sehr stark in der Richtung der Dicke, verhältnissmässig wenig dagegen in den beiden anderen Dimensionen quillt. Bei der Herstellung werden diese Tafeln im Gallertzustand auf grobe Netze von Bindfaden gelegt und getrocknet, wobei das Anhaften an den Fäden, deren Abdrücke ja auf den trockenen Tafeln noch

deutlich zu sehen sind, die Verkürzung in den beiden Breitedimensionen wesentlich verhindert, so dass die Eintrocknung in der Dicke vorwiegend zur Geltung gelangt. Dieselbe wird aber noch weiter dadurch unterstützt, dass die zuerst eintrocknenden Ränder der Platte eine Art festen Rahmen bilden welcher die Zusammenziehung in den Breiterichtungen ebenfalls hindert. Daher rührt auch die Ausbildung eines verdickten Randwulstes an solchen Tafeln, wie wir ihn oben auch an den eingetrockneten Gelatinestreifen beobachtet haben und der sich erklärt, wenn wir die an dem eintrocknenden Würfel eintretenden Verhältnisse in Vergleich ziehen.

Wenn die sich erfüllenden Waben das frühere Volum und die frühere Gestalt wieder erlangt haben, die wir uns im Allgemeinen kuglig oder richtiger dodekaedrisch vorstellen dürfen, so wird eine weitere Aufquellung zu allseitiger Ausdehnung führen. War jedoch der gequollene Körper vor seiner Eintrocknung in einer Richtung gedehnt worden, so dass die Waben in gestreckt dodekaedrische Form übergingen und blieb diese Dehnung über das ursprüngliche Maass beim Eintrocknen erhalten, so wird, nachdem die Füllung der Waben bis zum Prallwerden der Wände gediehen ist, jede weitere Anschwellung derselben eine Verkürzung der in der Dehnungsrichtung verlängerten Waben herbeiführen müssen, wie wir dies auch oben für die Gelatinestreifen unter diesen Bedingungen beobachteten.

Nun wäre aber noch ein dritter Fall möglich, der mir im Hinblick auf das Verhalten gewisser natürlicher Objecte bei der Quellung von ziemlicher Wichtigkeit erscheint, nämlich der, dass die Waben schon bei ihrer Bildung, also im natürlichen Zustande, ohne besondere Dehnungsprocesse, eine längsgestreckte Form erhalten haben. Die Möglichkeit der Entstehung derartiger Waben ist ja vorhanden, da ich bei früheren Gelegenheiten mehrfach zeigte, wie faserig-wabige Structuren mit verlängerten Waben entstehen, wenn in dem Moment der Gerinnung Strömungen oder Zugwirkungen in der zähflüssigen gerinnenden Substanz bestehen, die zur Bildung faserig-wabiger Schäume führen, welche durch rasches Erstarren der Gerüstsubstanz fixiert werden können (s. 1892, 2, 1894).

Wenn nun derartig strukturierte Körper eintrocknen, ohne dabei gedehnt zu werden, so wird bei ihrer Aufquellung zunächst eine Ausdehnung in allen Dimensionen eintreten, wobei sicher die Ausdehnung in der Längsrichtung der Waben geringer ist wie in der Querrichtung. Erst wenn aber die Waben ihre pralle Füllung erreicht haben und dann noch eine weitere starke Aufquellung unter Entwicklung von Spannungen in den Wänden stattfindet, wird eine Verkürzung in der Längsrichtung eintreten können.

Derartige Fälle scheinen mir nun in den pflanzlichen Zellmembranen speziell denen der Bastzellen gegeben zu sein, für die es sicher gestellt ist, dass sie sich bei starker Aufquellung, wie sie durch concentrirte Schwefelsäure und starke Kalilauge bewirkt wird, in der Längsrichtung verkürzen und zwar z. Th. in recht erheblichem Maasse, während der Durchmesser oder die Breite stark zunimmt. Die eigentliche Verkürzung geschieht in der Richtung der

Spiralstreifung, während in den auf dieser senkrechten Richtung eine Verlängerung statthat, ebenso wie in der Radial- oder Dickenrichtung der Wand (siehe Sch w e n d e n e r 1887). Die Untersuchungen, welche ich vor einiger Zeit über den feineren Bau der Zellmembranen, namentlich auch jener der Bastzellen, mitgeteilt habe (1894), führten mich nun auch zu dem Ergebniss, dass ein wabenartiger feinsten Bau vorhanden ist, mit der Spiralstreifung entsprechend aufgereihten Waben, die in der Richtung dieser Streifung längs gestreckt, in der Radialrichtung dagegen im aufgequollenen Zustand am niedersten sind. — Wie ich gezeigt habe, treten bei sehr starker Quellung eine grosse Zahl solcher Wabenschichten erst hervor, welche früher überhaupt nicht sichtbar waren, da ihre Grösse unter der Grenze des Wahrnehmbaren lag. — Mir scheint nun dieser Aufbau der pflanzlichen Zellmembran recht wohl mit der Ansicht zu harmoniren, dass die besonderen Eigenthümlichkeiten ihrer Quellung in diesen Bauverhältnissen zu suchen sind und dass sie im Wesentlichen auf den oben vorgetragenen Bedingungen beruhen dürften.

Sch w e n d e n e r bespricht in der citierten Abhandlung über die Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen (1887), im Hinblick auf Strasburger's Ansicht, dass die Zellhaut aus Molekularnetzen aufgebaut sei, in deren Interstitien die Quellungsflüssigkeit eindringe, schon die Möglichkeit einer Verkürzung durch Aufquellung bei Annahme eines gestreckt-maschigen Baus. Er weist dabei auf einige Beispiele hin, bei welchen thatsächlich durch gesteigerten Turgordruck in verlängerten Zellen eine Verkürzung hervorgerufen wird. Dabei hebt er gleichzeitig und meiner Ansicht nach richtig hervor, dass es für das Resultat gleichgültig sei, ob die von der eindringenden Flüssigkeit ausgedehnte Substanz aus einem geschlossenen Wabenwerk oder einem offenen Balkengerüst bestehe. Sein Haupteinwand gegen die Zulässigkeit einer solchen Erklärung ist, dass bei der Annahme gestreckter Waben oder Maschen stets und bei jeder Aufquellung eine Verkürzung in der Streckungsrichtung eintreten müsse, wogegen die thatsächlichen Erfahrungen an den Zellhäuten und Stärkekörnern sprächen, da bei schwächerer Quellung stets Vergrösserung aller Dimensionen eintrete und erst bei sehr starker, die mit Structuränderungen verknüpft sei, Verkürzung in der Längsrichtung der Bastfasern. Diesen Einwurf halte ich aus den oben dargelegten Gründen nicht für stichhaltig; denn so lange die Maschen oder Waben geschrumpft sind, d. h. so lange die Quellung noch nicht so weit gediehen ist, dass eine Spannung des Gerüstwerks eingetreten ist, so lange wird eine Vergrösserung nach allen Dimensionen eintreten können. Erst wenn das Gerüstwerk prall gespannt ist, wird bei weiterem Aufquellen Verkürzung in der Streckungsrichtung eintreten müssen. Sch w e n d e n e r bezeichnet die, mit Verkürzung in der Längsrichtung verlaufende starke Aufquellung der Bastfasern als eine Quellung mit Structuränderung¹⁾. Dass eine solche eintreten müsse, schliesst er daraus, weil diese starke Quellung durch Auswaschen mit Wasser nicht rückgängig gemacht werden könne. Obgleich ich nicht recht einsehe, weshalb die Quellung, auch wenn sie ohne Structurver-

1) d. h. Aenderung in der Anordnung der Micellen.

änderung geschieht durch Wasser erheblich zurückgehen sollte und auch, wie es scheint, keine Versuche über das Verhalten solcher in Wasser ausgewaschenen Fasern beim Austrocknen vorliegen, so muss auch ich annehmen, dass bei Einwirkung concentrirter Schwefelsäure oder concentrirter Alkalien Veränderungen der mikroskopischen Structur, theilweise Zerstörungen unter Auflösung in den Membranen eintreten werden. Dagegen vermag ich in der Hypothese Sch w e n d e n e r's, der, im Anschluss an die Nägeli'sche Theorie der Quellung, in diesen Structuränderungen die Ursache der Verkürzung sucht, keine befriedigende Erklärung zu finden. Man braucht seiner Meinung nach nur anzunehmen, dass „die länglichen Micellen oder fibrillenartigen Micellenverbände unter dem Einfluss starker Quellungsmittel in kleinere, namentlich kürzere Theilstücke zerfallen, welche sodann in der Längsrichtung mit ihren Enden an einander vorbeigleiten und eben dadurch die in Rede stehende Verkürzung bewirken“. Wie gesagt, vermag mich eine solche Hypothese, bei aller Anerkennung der scharfsinnigen Auseinandersetzungen und Beobachtungen Sch w e n d e n e r's, nicht zu befriedigen, da sie die zu erklärende Erscheinung nicht auf eine bekannte Naturerscheinung zurückführt oder daran anknüpft, sondern ihr hypothetische Vorgänge zu Grunde legt, von denen wir sonst nichts wissen und die selbst nur eine ganz ungefähre Vorstellung von dem Vorgang geben können.

H ö h n e l (1882) ist der Ansicht, dass die Verschiedenheit der Ausdehnung nach verschiedenen Dimensionen und namentlich die Verkürzung in einer Dimension bei der Quellung von molekularen Spannungen herrühren, welche bei der Bildung der Membran durch Zug oder Druck entstanden seien. Im gequollenen Zustand würden die Moleküle wieder beweglich und könnten daher diesen molekularen, positiven oder negativen Spannungen (d. h. Druck- oder Zugspannung) folgen, was eben der Grund der bemerkten Eigenthümlichkeiten der Quellung sei. — Zum Beweis, dass derartige Vorgänge, d. h. durch molekulare Spannungen bewirkte Verkürzungen, vorkommen, weist er auf Folgendes hin (p. 598): „Nähert man ein Stück eines lang und dünn ausgezogenen Siegellackfadens vorsichtig einer Bunsen'schen Flamme, so dass er weich wird ohne zu schmelzen, so verkürzt er sich in jedem seiner Punkte gleichzeitig und wird ein kurzer dicker Cylinder. Dasselbe geschieht mit einem Glaswollfaden; ohne zu schmelzen wird er kürzer. Erwärmt man einen solchen auf einem Deckglas und einem Platinblech bis zum Schmelzen, so erscheint er im angeschmolzenen Zustande um 10 Procent verkürzt. Macht man sich aus dickflüssiger Gummimasse dünne kurze Fäden, so zeigen dieselben, in Alkohol liegend, bei Wasserzusatz unter dem Mikroskope eine bis 50procentige Verkürzung, ganz so wie Bastfasern in Schwefelsäure“.

Wie Sch w e n d e n e r (1887), wenn auch z. Th. aus anderen Gründen, halte ich die von H ö h n e l gegebene Erklärung der Quellungsverschiedenheiten für nicht zutreffend. Zunächst ist es sehr unwahrscheinlich, dass bei dem Quellungsact einer Bastfaser zwei wesentlich verschiedene Ursachen im Spiel sind, wie H ö h n e l selbst angibt, nämlich 1) die eigentliche oder micellare Quellung, d. h. das Ein-

dringen des Quellungsmittels zwischen die Moleküle, welches eine allseitige gleichmässige Ausdehnung hervorruft, die erst später 2) „wenn die Moleküle so weit von einander rücken, dass sie wie die einer Flüssigkeit beweglich werden“ (p. 601), in der Radialrichtung, in Folge der molekularen Druckspannung, die hier besteht, und die nun gelöst wird, in eine sehr starke Ausdehnung übergehe, in der Längsrichtung dagegen, wo eine Zugspannung besteht, in eine Verkürzung. Diese Erklärung scheint mir, wie gesagt, schon aus dem angeführten Grund unzulässig, weiterhin aber deshalb, weil es mit den Thatsachen in Widerspruch steht, wenn Höhnel die Moleküle eines stark gequollenen Körpers für beweglich wie die einer Flüssigkeit erklärt; denn auch stark gequollene Körper bewahren, worauf auch Quincke (1894, p. 616 und früher 1888) hinwies, ihre Gestalt, ihre Ecken und Kanten; sie verhalten sich daher wie feste Körper, nicht dagegen wie Flüssigkeiten.

Anders dagegen liegt, wie mir scheint, die Angelegenheit bei einem Theil der Fäden verschiedener Art, welche Höhnel zum Vergleich heranzieht. Den eigentlich quellbaren Körpern kommen die in Alkohol gebrachten Fäden zähflüssiger Gummimasse jedenfalls am nächsten. Diese Fäden besaßen sicher einen schaumigwabigen Bau, da ich gezeigt habe, dass sich bei der Gerinnung von Gummilösung in Alkohol ein solcher ausbildet (1892. 2). Wurden nun solche Fäden noch während ihrer Gerinnung gedehnt, was mir wahrscheinlich ist, so war ihr Bau gestreckt- oder faserig-wabig. Genaueres wird aber von Höhnel über die Bereitung der Fäden leider nicht mitgetheilt. Wenn derartige Fäden aus Alkohol in Alkohol mit Wasser gebracht werden, so kann der Gummi der Wabenwände verflüssigt oder doch biegsam werden, und gleichzeitig können die Wabenhölräume osmotisch anschwellen; beides muss aber dazu führen, dass eine Verkürzung der Fäden eintritt, ohne dass dabei molekulare Spannungen im Spiel sind, wie sie Höhnel annimmt¹⁾.

Ein aus zähflüssigem Glas ausgezogener Faden wird nach dem Erstarren zwar molekulare Spannungen zeigen, die aber wesentlich erst bei dem Erstarren selbst hervorgerufen werden müssen. Wenn diese Fäden sich bei der Annäherung an die Flamme zusammenziehen, also wenn sie wieder in einen zähflüssigen Zustand übergeführt werden, so vermag ich hierin nur eine Wirkung der sich geltend machenden Oberflächenspannung zu erkennen, welche die zähflüssig gewordenen Fäden zur Kugelgestalt überzuführen strebt und dies auch thut, wenn man den Fäden dazu die Zeit lässt, sie nicht zuvor aus dem Bereich der Flamme entfernt. Die Wahrnehmungen, welche ich an den der Flamme genäherten Fäden von Glaswolle oder an von mir selbst ausgezogenen feinen Glasfäden gemacht habe, sprechen wenigstens durchaus für die Richtigkeit dieser Auffassung. — Was die Siegellackfäden betrifft, so liegt die Angelegenheit vielleicht theilweise anders. Fäden aus Packlack von ca 1—2 mm Dicke, die ich anfertigte, sind dauernd sehr biegsam, so dass sie in horizontaler Haltung sich schnell herabkrümmen

1) Vergl. über die starke Contraction gedehnter Gelatinefäden beim Aufquellen auch den vorläufigen Bericht über meine neueren Untersuchungen in Verh. d. Naturhist.-medic. Verein Heidelberg N. F. Bd. V, Hft. 4, 1895.

Wurden sie nach ihrer Herstellung in der früher angegebenen Weise wie die Gelatinestreifen aufgehängt, so dass ein Theil ihrer Länge in das Gefäss mit Wasser eintauchte und mit dem Horizontalmikroskop beobachtet, so verkürzten sie sich 12—24 Stunden lang andauernd, bis sie zur Ruhe gelangten. Hierauf zeigte der Faden, über den im Anhang die genaueren Ergebnisse mitgetheilt sind, bei zweimaliger Erwärmung bis auf $32,9^{\circ}$ respect. 43° , beidemale ansehnliche Verkürzung ohne Wiederausdehnung bei der Abkühlung. Darauf zum 3. Mal bis auf 57° erwärmt, zeigt sich nun beträchtliche Ausdehnung, welche jedoch bis zum anderen Tag durch Verkürzung wieder völlig rückgängig geworden war. Bei einer 4. Erwärmung bis 57° verkürzte sich der Faden wieder. Da der Packlack und Siegellack jedenfalls keine reinen Materialien sind, halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass möglicherweise an die Verhältnisse der quellbaren Körper sich anschliessende Bedingungen gegeben sind; doch wird erst eine eingehendere Untersuchung darüber Klarheit verschaffen können.

In principiell gleicher Weise wie die Quellungserscheinungen gestreckter Waben, die zur Verkürzung der quellenden Körper in der Streckungsrichtung des Gerüsts führen, dürften aller Wahrscheinlichkeit nach auch die von mir beschriebenen Contractionen quellbarer Körper bei Erhöhung der Temperatur zu erklären sein. Hier ist es die Wabenflüssigkeit die bei der Temperatursteigerung stärker ausgedehnt wird wie die Wabenwände und daher in der oben beschriebenen Weise eine Contraction oder Verkürzung hervorruft, die bei dem Sinken der Temperatur wieder zurückgeht.

Die eigenthümliche Erscheinung der Verkürzung eines gedehnten Körpers bei Erhöhung der Temperatur wurde bekanntlich zuerst bei Kautschukfäden beobachtet und hat zu vielen Erörterungen geführt. Schmulewitsch (1872) hat die Erscheinung dadurch zu erklären versucht, dass der Elasticitätscoefficient des Kautschuks bei Temperatursteigerung grösser werde, wodurch, ungeachtet der, wie bei den übrigen Körpern durch erhöhte Temperatur bewirkten Ausdehnung, bei hinreichender Dehnung durch Belastung eine Verkürzung bei der Erwärmung hervorgerufen werden könne. Diese Erklärung stand insofern im Widerspruch mit den Erfahrungen an anderen Körpern, als diese ergeben hatten, dass allgemein durch Temperatursteigerung der Elasticitätscoefficient verkleinert werde. — Exner²⁾ und später Russner (1882) haben denn auch gezeigt, dass sich der Kautschuk in dieser Hinsicht nicht anders verhält, wie die übrigen Körper, dass nämlich bei Temperaturerhöhung sein Elasticitätscoefficient kleiner wird; wogegen Grätz (1886) in einer Arbeit, die sich meiner Beurtheilung im Wesentlichen entzieht, durch die Untersuchung des Torsionsmoduls gespannter Kautschukfäden bei verschiedenen Temperaturen die von Schmulewitsch gegebene Erklärung, nämlich die Zunahme des Elasticitätsmoduls bestätigt. Dass bei der Erwärmung des belasteten Kautschuks eine Volumzunahme stattfindet, wie bei Temperaturerhöhung allgemein, haben so-

1) Die Arbeit Exner's konnte ich leider nicht auffinden; ich citire daher nach Russner.

wohl Lebedeff wie Russner festgestellt. — Lehmann bemerkt in seiner Molekularphysik bei der Besprechung dieser Eigenthümlichkeit des Kautschuks folgendes (Bd. 1 p. 532): „Würde man einem zelligen Körper im gestreckten Zustand erwärmen, so müsste er sich kontrahiren, da sich die Flüssigkeit in den Zellen stärker ausdehnt als die Wandungen, so dass die ellipsoidisch-gestreckten Zellen sich der Kugelgestalt nähern müssten, wodurch sie sich in der Richtung der grössten Axe, d. h. in der Richtung der Streckung contrahiren“; und weiterhin: „Bereits 1867 hat Gori die Theorie aufgestellt, dass diese eigenthümliche Erscheinung“ (d. h. die Zusammenziehung des gedehnten Kautschuks in der Wärme) „durch die in der Kautschukmasse enthaltenen Luftblasen bedingt sei, was aber von verschiedenen Physikern widerlegt wurde. Die obige Theorie der Zellstructur ist meines Wissens noch nicht geprüft worden“¹⁾. Obgleich Lehmann diese Vermuthung über den Kautschuk ausspricht, zu der ich für andere quellbare Körper ganz selbständig gekommen bin, kommt er gleich darauf (p. 533) auf die Theorie von Schmulewitsch und Grätz zu sprechen, die er, wie es scheint, für richtig hält.

Da ich nun glaube, die wabig-zellige Structur der quellbaren Körper sehr wahrscheinlich gemacht zu haben und gleichzeitig für Gelatine und geronnenes Eiweiss zeigen konnte, dass sie dieselbe Erscheinung wie Kautschuk in sehr guter Ausprägung zeigen, ferner früher schon Joule (1860) nachgewiesen hat, dass auch gequollenes Holz dieselbe Erscheinung darbietet, und ferner meine Versuche mit trockenem Sonnenblumenmark bei höherer Temperatur wie bei Luftverdünnung zeigen, dass ein gestreckter zelliger Körper bei Ausdehnung des Inhalts seiner Zellen sich wirklich in der vorausgesetzten Weise verhält, so bestärkt mich dies alles natürlich in der Annahme, dass die fragliche Erscheinung bei Eiweiss, Gelatine, Holz etc. auf dem wabig-zelligen Bau beruht und sich in der angegebenen Weise erklärt.

Da nun Kautschuk und Guttapercha ebenfalls quellbare Körper sind, so liegt auch für sie die Vermuthung nahe, dass ihr analoges Verhalten auf einer entsprechenden Structur beruhe. Schon Exner hat s. Z. bemerkt, er halte es für wahrscheinlicher, dass das abnorme Verhalten des Kautschuks auf besonderen, durch die Bereitungsweise hervorgerufenen Structurverhältnissen beruhe, als auf abnormen physikalischen Eigenschaften des Materials.

Mit der vorgetragenen Ansicht scheint mir denn auch die Eigenthümlichkeit, welche Kautschuk und Gelatinegallerten, im Gegensatz zu der Mehrzahl der übrigen Körper, besitzen, zu harmoniren, die Eigentümlichkeit nämlich, dass bei der Dehnung das Verhältniss zwischen Quercontraction und Längendilatation ein solches ist, welches dem sehr nahe kommt, das theoretisch zu erwarten ist, wenn der vorausgesetzte wabig-maschige Bau thatsächlich existirt. Die auffallende Dehnung eines derartig structurirten Körpers, bei mässiger Belastung durch ein angehängtes Gewicht wird im Wesentlichen auf einer Längsstreckung der Maschen- oder

1) Die hier von Lehmann angeführte Arbeit von Gori, sowie die gegen sie gerichteten Arbeiten anderer Physiker sind mir leider nicht zugänglich geworden.

Wabenräume beruhen, welche dabei zwar ihre Gestalt bedeutend, dagegen ihr Volum nur sehr wenig verändern. Die Berechnung ergibt, dass wenn eine kuglig gedachte Wabe, ohne Aenderung ihres Volums, durch Zug in ellipsoidische Form übergeführt wird, das Verhältniss zwischen der Zusammenziehung in der Querrichtung und der Ausdehnung in der Zugrichtung $1/2$ ist. Wir müssen daher erwarten, dass dies Verhältniss auch bei der Dehnung von gequollenen Gallerten annähernd besteht, wenn unsere Auffassung richtig ist. Dies ist nun auch der Fall. — Die Untersuchungen von R. Maurer (1886) über die Dehnung von Leim- und Gelatinecylindern haben ergeben, „dass für Gallerten aus Gelatine und 2 bis 5 mal soviel Wasser „ μ “ (das heisst dieses Verhältniss zwischen Quercontraction und Längendilatation) zwischen 0,4999 und 0,5 liegt. Auch für Kautschuk findet Pulfrich (1886) μ im Mittel seiner Versuche = 0,456. Dagegen beträgt dieses Verhältniss für Spiegelglas nur 0,21 nach den Untersuchungen von Voigt (1882).

Auch die grosse Dehnbarkeit der gequollenen Körper, im Gegensatz zu den nichtquellenden dürfte gleichfalls für meine Auffassung sprechen, wobei jedoch wieder gegenüber den nur imbibirbaren ähnlich gebauten Körpern zu beachten ist, dass dabei die durch Einwirkung der Quellungsflüssigkeit hervorgerufene grosse Biegsamkeit der Wände eine besondere Rolle spielt, da nur bei dieser Eigenthümlichkeit schon geringe Zugkräfte erhebliche Gestaltsveränderungen der Wabenräume hervorrufen werden können.

Ich sehe nachträglich, dass auch G. Quincke (1894) schon dieses Verhalten der Quercontraction zu der Längendilatation der Gallerten als wahrscheinlichen Beweis für deren schaumartigen Bau betont, zu welcher Ansicht ich ebenfalls und selbstständig gelangt bin. Er weist fernerhin auf E. du Bois-Reymond's Versuche hin, über die Wanderung des Wassers in Gallerten nach der Kathode beim Durchleiten eines electrischen Stroms, was an der Kathode eine Anschwellung der Gallerte hervorruft. Auch dies spreche für den gerüstartigen Bau der Gallerten.

Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin, mein Erstaunen darüber auszusprechen, dass Herr Quincke — der sich in der citirten Schrift so empfindlich darüber zeigt, dass ich in meinem Buch über das Protoplasma (1892, 1) seine Untersuchung über Emulsionsbildung (1879) nicht citirt habe da sie, wie er annimmt, mir ganz unbekannt gewesen sei — mit keinem Wort erwähnt, dass ich seit 1892 (1, p. 216—218) ebenfalls die Ansicht, dass die Gallerten einen schaumartigen Bau besitzen, in mehreren Mittheilungen (1892, 2, 3, 1893, 1894) auf Grund selbstständiger Untersuchungen vertreten habe. Das Nähere hierüber habe ich ja auch in dieser Arbeit kurz mitgetheilt. Unbekannt sind Herrn Quincke diese Untersuchungen nicht gewesen, da über sie, in seiner Gegenwart, in den Sitzungen des Naturhist.-medicinisches Vereins zu Heidelberg von mir berichtet wurde. Dass ich seine Arbeit über die Bildung von Emulsionen aus Oeltröpfchen in wässrigen alkalischen Flüssigkeiten in meinem Buch von 1892 nicht citirte, erklärt sich sehr einfach nicht aus Unbekanntheit, sondern aus dem Grunde, weil sich meine Arbeit nirgends mit der Bildung derartiger Emulsionen beschäftigt, vielmehr umgekehrt mit Emulsionen oder Schäumen, die dadurch entstehen, dass Tröpfchen wässriger Flüssigkeit in dichter Menge in einer zusammenhängenden Oelmasse auftreten. Wie ich unter diesen Umständen eine Arbeit citiren sollte, welche sich mit einem ganz anderen Vorgang beschäftigt, vermag ich nicht einzusehen; die Arbeit Q.'s aber etwa wegen der Bewegungserscheinungen der Oeltröpfchen zu citiren, hielt ich nicht für angezeigt, da diese Dinge ja in Qu.'s Mittheilung von 1888, die ich ausführlich besprochen habe, viel eingehender erörtert sind.

Dennoch zwingt mich diese Erwähnung der Quincke'schen Arbeit von 1879 über Emulsionsbildung zu einer Bemerkung. Herr Quincke behauptet 1894 p. 624: „Hiernach habe ich zehn Jahre vor Herrn Bütschli die physikalischen Erscheinungen bei Zusammenbringen von Oel mit alkalischem Wasser beschrieben und erklärt und hatte gewiss nicht nöthig 1888 noch einmal auf diese Aehnlichkeit mit Seifenschaum hinzuweisen, wenn ich die Existenz von Oelhäutchen und Oellamellen an der Oberfläche und im Innern des Plasmas der Pflanzenzellen nachwies“. Hiernach könnte es scheinen, dass ich 1892 die physikalische Erklärung, die Quincke von der Emulsionsbildung des Oels in alkalischen Flüssigkeiten gab, bestritten hätte, was durchaus nicht der Fall ist, vielmehr habe ich in dieser Beziehung einfach auf seinen Resultaten weitergebaut. Andererseits muss jedoch bei dem mit dem Gegenstand nicht nähervertrauten Leser durch diesen Passus die Meinung erweckt werden, als hätte Herr Qu. schon 10 Jahre vor mir solche „Oelseifenschäume“ hergestellt, untersucht und erklärt, wie ich sie in meinem Buch eingehender beschrieb. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall; seine Untersuchungen beziehen sich ausschliesslich auf Emulsionen von Oeltröpfchen in wässriger Flüssigkeit; von Schäumen, deren Gerüst Oel und deren Inhalt wässrige Flüssigkeit ist, wird nirgends gesprochen. Auf den angeblich von Qu. schon 1888 erbrachten Nachweis von schaumartig geordneten Oellamellen im Plasma werde ich sofort eingehen.

Herr Quincke beschwert sich ferner darüber, dass ich seiner in einem Vortrag von 1891 über die Structur des Plasmas gar nicht gedacht habe. Dieser Vortrag beschäftigt sich nun ausschliesslich mit den mikroskopisch sichtbaren Structuren des Plasmas, die sicher nicht aus Oellamellen bestehen, da sie sich in jeder Hinsicht, physikalisch wie chemisch, anders wie Oel verhalten. Es ist mir heute noch ebenso unverständlich, wie ich in diesem Vortrag Veranlassung hätte nehmen sollen, die Quincke'sche Arbeit über die Bewegungserscheinungen der Plasma's zu erwähnen. Irgend eine Beobachtung über die Structur des Plasma's findet sich in Qu.'s Arbeiten von 1888 und 89 durchaus nicht und trotz der gegentheiligen Versicherung von Quincke bedaure ich, auch heute nicht meine Ansicht zurücknehmen zu können, dass Qu. in seiner Arbeit von 1888 das Protoplasma als eine homogene, äusserlich von einer zarten Oellamelle umschlossene Flüssigkeit ansah. Dass aus den damaligen Mittheilungen Qu.'s herausgelesen werden kann, dass die Substanz des Plasma's von Oellamellen schaumartig durchsetzt sei, wie er jetzt behauptet, halte ich nach nochmaliger Durchsicht einfach für unmöglich.

Es ist charakteristisch, dass Herr Qu. zwar jetzt (p. 623) behauptet, 1888 „nachgewiesen“ zu haben, dass das Plasma von Oellamellen durchsetzt sei, dass er aber keine Stelle dieser Schrift zu citiren weiss, aus welcher dies hervorgeht. Ich bedaure wie gesagt, auch keine solche Stelle auffinden zu können. Die einzige Stelle, welche allenfalls entfernt an etwas Derartiges erinnern könnte, findet sich bei der Erklärung der Circulationsbewegung auf p. 636 und lautet folgendermaassen: „Die Ausbreitung der Eiweissseife kann mit Oel benetzte feste Eiweissbänder von der Grenzfläche von Oel“ (d. h. der äusseren Oelhaut des Plasma's oder des sog. Plasmaschlauchs Quincke's) „und wässriger Flüssigkeit losreissen und in das Innere der wässrigen Flüssigkeit oder des schleimigen Plasma's hineinziehen, wie ich § 10 gezeigt habe. So entsteht ein Gerüst von festen mit Oel bekleideten Eiweissfäden im innern der Zelle“ (d. h. im Zellsafte der untersuchten Pflanzenzellen). „An der Oberfläche dieser freiständigen (!) mit Oel bekleideten Eiweissfäden, erfolgt die periodische Ausbreitung der Eiweissseife und erzeugt dadurch die Circulationsbewegung der Protoplasmas in ähnlicher Weise wie die periodische Ausbreitung an der Innenseite des Plasmaschlauchs die Rotationsbewegung des Protoplasmas hervorruft“. Nichts dürfte aber klarer sein, als dass die freiständigen ölbekleideten Fäden (nicht Lamellen!), von denen hier die Rede ist, die die Zellsafthöhle durchziehenden Plasmastränge sein sollen, an denen die Circulationsbewegung geschieht, dass sie demnach mit dem, was von Andern und mir als Plasmastructur beschrieben wird, nicht das Geringste zu thun haben.

Nicht nur in der Arbeit von 1888 aber, sondern auch in der kurzen Mittheilung von 1889 hat Herr Quincke von einem schaumartigen Bau des Plasmas nichts berichtet. In dieser Beziehung muss ich mich nämlich selbst eines Irrthums zeihen. — In der Stelle auf p. 6 meines Buches

Wabenräume beruhen, welche dabei zwar ihre Gestalt bedeutend, dagegen ihr Volum nur sehr wenig verändern. Die Berechnung ergibt, dass wenn eine kuglig gedachte Wabe, ohne Aenderung ihres Volums, durch Zug in ellipsoidische Form übergeführt wird, das Verhältniss zwischen der Zusammenziehung in der Querrichtung und der Ausdehnung in der Zugrichtung $1/2$ ist. Wir müssen daher erwarten, dass dies Verhältniss auch bei der Dehnung von gequollenen Gallerten annähernd besteht, wenn unsere Auffassung richtig ist. Dies ist nun auch der Fall. — Die Untersuchungen von R. Maurer (1886) über die Dehnung von Leim- und Gelatinecylindern haben ergeben, „dass für Gallerten aus Gelatine und 2 bis 5 mal soviel Wasser „ μ “ (das heisst dieses Verhältniss zwischen Quercontraction und Längendilatation) zwischen 0,4999 und 0,5 liegt. Auch für Kautschuk findet Pulfrich (1886) μ im Mittel seiner Versuche = 0,456. Dagegen beträgt dieses Verhältniss für Spiegelglas nur 0,21 nach den Untersuchungen von Voigt (1882).

Auch die grosse Dehnbarkeit der gequollenen Körper, im Gegensatz zu den nichtquellenden dürfte gleichfalls für meine Auffassung sprechen, wobei jedoch wieder gegenüber den nur imbibirbaren ähnlich gebauten Körpern zu beachten ist, dass dabei die durch Einwirkung der Quellungsflüssigkeit hervorgerufene grosse Biegsamkeit der Wände eine besondere Rolle spielt, da nur bei dieser Eigenthümlichkeit schon geringe Zugkräfte erhebliche Gestaltsveränderungen der Wabenräume hervorrufen werden können.

Ich sehe nachträglich, dass auch G. Quincke (1894) schon dieses Verhalten der Quercontraction zu der Längendilatation der Gallerten als wahrscheinlichen Beweis für deren schaumartigen Bau betont, zu welcher Ansicht ich ebenfalls und selbstständig gelangt bin. Er weist fernerhin auf E. du Bois-Reymond's Versuche hin, über die Wanderung des Wassers in Gallerten nach der Kathode beim Durchleiten eines electrischen Stroms, was an der Kathode eine Anschwellung der Gallerte hervorruft. Auch dies spreche für den gerüstartigen Bau der Gallerten.

Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin, mein Erstaunen darüber auszusprechen, dass Herr Quincke — der sich in der citirten Schrift so empfindlich darüber zeigt, dass ich in meinem Buch über das Protoplasma (1892, 1) seine Untersuchung über Emulsionsbildung (1879) nicht citirt habe da sie, wie er annimmt, mir ganz unbekannt gewesen sei — mit keinem Wort erwähnt, dass ich seit 1892 (1, p. 216—218) ebenfalls die Ansicht, dass die Gallerten einen schaumartigen Bau besitzen, in mehrfachen Mittheilungen (1892, 2, 3, 1893, 1894) auf Grund selbstständiger Untersuchungen vertreten habe. Das Nähere hierüber habe ich ja auch in dieser Arbeit kurz mitgetheilt. Unbekannt sind Herrn Quincke diese Untersuchungen nicht gewesen, da über sie, in seiner Gegenwart, in den Sitzungen des Naturhist.-medizinischen Vereins zu Heidelberg von mir berichtet wurde. Dass ich seine Arbeit über die Bildung von Emulsionen aus Oeltröpfchen in wässrigen alkalischen Flüssigkeiten in meinem Buch von 1892 nicht citirte, erklärt sich sehr einfach nicht aus Unbekanntheit, sondern aus dem Grunde, weil sich meine Arbeit nirgends mit der Bildung derartiger Emulsionen beschäftigt, vielmehr umgekehrt mit Emulsionen oder Schäumen, die dadurch entstehen, dass Tröpfchen wässriger Flüssigkeit in dichter Menge in einer zusammenhängenden Oelmasse auftreten. Wie ich unter diesen Umständen eine Arbeit citiren sollte, welche sich mit einem ganz anderen Vorgang beschäftigt, vermag ich nicht einzusehen; die Arbeit Q.'s aber etwa wegen der Bewegungserscheinungen der Oeltröpfchen zu citiren, hielt ich nicht für angezeigt, da diese Dinge ja in Qu.'s Mittheilung von 1888, die ich ausführlich besprochen habe, viel eingehender erörtert sind.

Dennoch zwingt mich diese Erwähnung der Quincke'schen Arbeit von 1879 über Emulsionsbildung zu einer Bemerkung. Herr Quincke behauptet 1894 p. 624: „Hiernach habe ich zehn Jahre vor Herrn Bütschli die physikalischen Erscheinungen bei Zusammenbringen von Oel mit alkalischem Wasser beschrieben und erklärt und hatte gewiss nicht nöthig 1888 noch einmal auf diese Aehnlichkeit mit Seifenschaum hinzuweisen, wenn ich die Existenz von Oelhäutchen und Oellamellen an der Oberfläche und im Innern des Plasmas der Pflanzenzellen nachwies“. Hiernach könnte es scheinen, dass ich 1892 die physikalische Erklärung, die Quincke von der Emulsionsbildung des Oels in alkalischen Flüssigkeiten gab, bestritten hätte, was durchaus nicht der Fall ist, vielmehr habe ich in dieser Beziehung einfach auf seinen Resultaten weitergebaut. Andererseits muss jedoch bei dem mit dem Gegenstand nicht nähervertrauten Leser durch diesen Passus die Meinung erweckt werden, als hätte Herr Qu. schon 10 Jahre vor mir solche „Oelseifenschäume“ hergestellt, untersucht und erklärt, wie ich sie in meinem Buch eingehender beschrieb. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall; seine Untersuchungen beziehen sich ausschliesslich auf Emulsionen von Oeltröpfchen in wässriger Flüssigkeit; von Schäumen, deren Gerüst Oel und deren Inhalt wässrige Flüssigkeit ist, wird nirgends gesprochen. Auf den angeblich von Qu. schon 1888 erbrachten Nachweis von schaumartig geordneten Oellamellen im Plasma werde ich sofort eingehen.

Herr Quincke beschwert sich ferner darüber, dass ich seiner in einem Vortrag von 1891 über die Structur des Plasmas gar nicht gedacht habe. Dieser Vortrag beschäftigt sich nun ausschliesslich mit den mikroskopisch sichtbaren Structuren des Plasmas, die sicher nicht aus Oellamellen bestehen, da sie sich in jeder Hinsicht, physikalisch wie chemisch, anders wie Oel verhalten. Es ist mir heute noch ebenso unverständlich, wie ich in diesem Vortrag Veranlassung hätte nehmen sollen, die Quincke'sche Arbeit über die Bewegungserscheinungen der Plasma's zu erwähnen. Irgend eine Beobachtung über die Structur des Plasma's findet sich in Qu.'s Arbeiten von 1888 und 89 durchaus nicht und trotz der gegentheiligen Versicherung von Quincke bedaure ich, auch heute nicht meine Ansicht zurücknehmen zu können, dass Qu. in seiner Arbeit von 1888 das Protoplasma als eine homogene, äusserlich von einer zarten Oellamelle umschlossene Flüssigkeit ansah. Dass aus den damaligen Mittheilungen Qu.'s herausgelesen werden kann, dass die Substanz des Plasma's von Oellamellen schaumartig durchsetzt sei, wie er jetzt behauptet, halte ich nach nochmaliger Durchsicht einfach für unmöglich.

Es ist charakteristisch, dass Herr Qu. zwar jetzt (p. 623) behauptet, 1888 „nachgewiesen“ zu haben, dass das Plasma von Oellamellen durchsetzt sei, dass er aber keine Stelle dieser Schrift zu citiren weiss, aus welcher dies hervorgeht. Ich bedaure wie gesagt, auch keine solche Stelle auffinden zu können. Die einzige Stelle, welche allenfalls entfernt an etwas Derartiges erinnern könnte, findet sich bei der Erklärung der Circulationsbewegung auf p. 636 und lautet folgendermaassen: „Die Ausbreitung der Eiweissseife kann mit Oel benetzte feste Eiweissbänder von der Grenzfläche von Oel“ (d. h. der äusseren Oelhaut des Plasma's oder des sog. Plasmaschlauchs Quincke's) „und wässriger Flüssigkeit losreissen und in das Innere der wässrigen Flüssigkeit oder des schleimigen Plasma's hineinziehen, wie ich § 10 gezeigt habe. So entsteht ein Gerüst von festen mit Oel bekleideten Eiweissfäden im innern der Zelle“ (d. h. im Zellsafte der untersuchten Pflanzenzellen). „An der Oberfläche dieser freiständigen (!) mit Oel bekleideten Eiweissfäden, erfolgt die periodische Ausbreitung der Eiweissseife und erzeugt dadurch die Circulationsbewegung der Protoplasmas in ähnlicher Weise wie die periodische Ausbreitung an der Innenseite des Plasmaschlauchs die Rotationsbewegung des Protoplasmas hervorruft“. Nichts dürfte aber klarer sein, als dass die freiständigen ölbekleideten Fäden (nicht Lamellen!), von denen hier die Rede ist, die die Zellsafthöhle durchziehenden Plasmastränge sein sollen, an denen die Circulationsbewegung geschieht, dass sie demnach mit dem, was von Andern und mir als Plasmastructur beschrieben wird, nicht das Geringste zu thun haben.

Nicht nur in der Arbeit von 1888 aber, sondern auch in der kurzen Mittheilung von 1889 hat Herr Quincke von einem schaumartigen Bau des Plasmas nichts berichtet. In dieser Beziehung muss ich mich nämlich selbst eines Irrthums zeihen. — In der Stelle auf p. 6 meines Buches

über das Protoplasma (v. 1892), die Herrn Quincke so aufregte, habe ich nämlich fälschlich angegeben, dass er 1889 „die Schaumstructur des Plasmas betont habe“ und mich ungerechtfertigter Weise darüber beschwert, dass er die von mir ausgegangene Anregung nicht anerkenne. Wie gesagt, beruht diese meine Beschwerde auf einer irrthümlichen Erinnerung über den Inhalt von Qu.'s Schrift von 1889, die ich leider versäumte, durch wiederholte Vergleichung des Originals zu berichtigen. Wie sich bei erneuter Durchsicht der Schrift ergibt, ist die Wahrheit, dass auch in ihr nirgends von dem schaumigen Ban des Plasmas die Rede ist, sondern nur von dem von „Leim und anderer Gallerte“.

Für unnöthig halte ich es eigentlich, die Möglichkeit zurückzuweisen, dass ich durch Quinckes Arbeit von 1888 zu meiner Ansicht von der schaumigen Structur des Plasma's geleitet worden wäre. Qu. wagt zwar auch nicht, dies zu behaupten, was ja gegenüber der von mir ausführlich dargelegten historischen Entwicklung dieser meiner Anschauung seit 1878 unmöglich gewesen wäre. Den mit dem Gegenstand natürlich wenig vertrauten Lesern der Annalen der Physik und Chemie glaubt er aber doch sagen zu dürfen (p. 624): „Herr Bütschli mag selbstständig auf anderem Wege, wie ich, zu ähnlichen Ansichten über die Structur des Plasmas gekommen sein“. Dieses „mag“ vermag ich leider nicht zu entschuldigen, sondern muss es als eine Verwirrung des wirklichen Verhalts auf das Bestimmteste zurückweisen. Die Ansicht über den schaumartigen Bau des Plasmas habe ich, wie auf p. 1—2 meines Buches dargelegt ist, seit 1878 in mehreren Arbeiten von 1884, 1885 und endlich 1888 in zwei ausführlicheren Darstellungen vertreten, die beide vor und ohne jede Kenntniss der Quincke'schen Untersuchungen erschienen.

Selbst wenn man zugeben könnte, dass Quincke wirklich, wie er jetzt ohne Grund behauptet, schon 1888 mitgetheilt habe, dass die Substanz des Plasmas von Oellamellen durchsetzt sei, so könnte doch Niemand zugestehen, dass, wie er weiterhin behauptet (p. 623), er dies „nachgewiesen“ habe. — Seine Ansicht über die äussere Oellamelle und die fraglichen durchsetzenden inneren Oellamellen ist rein hypothetisch; nirgends dagegen wird die Existenz dieser Oellamellen erwiesen, vielmehr werden sie lediglich zum Zweck der Erklärung der Bewegungserscheinungen supponiert.

Bei der Schilderung der Versuche mit gedehnten Gelatine- und Eiweissstreifen wurde hervorgehoben, dass die durch Temperatursteigerung bewirkte Verkürzung bei der Wiederabkühlung in der Regel nicht völlig zurückging, sondern eine schwache dauernde Verkürzung verblieb. Ob sich für diese Erscheinung eine Erklärung auf Grund unserer theoretischen Anschauung finden lässt, scheint mir etwas zweifelhaft; ich möchte jedoch wenigstens die Vermuthung aussprechen, dass sie vielleicht auf einer mit der Temperatursteigerung eintretenden Verstärkung der Gesamtquellung zusammenhängt, wobei also der Inhalt der Waben nicht nur durch die Wärmeausdehnung vergrössert würde, sondern gleichzeitig durch eine gewisse Zunahme der Flüssigkeitsmenge; unter diesen Umständen würde es verständlich, dass bei der Wiederabkühlung keine völlige Rückkehr auf die frühere Länge eintritt, sondern ein gewisser Betrag dauernder Verkürzung bleibt.

Bei den in verdünnter Luft untersuchten Streifen von Sonnenblumenmark fiel es, wie früher geschildert, sehr auf, dass bei der Wiederherstellung des gewöhnlichen Luftdrucks eine ziemlich ansehnliche Ausdehnung über die ursprüngliche Länge eintrat. Schon oben wurde versucht, diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass bei der Luftverdünnung allmählich Luft aus den Zellen entweicht und dieselben daher bei Wiedereintritt des Normaldrucks eine gestrecktere Form wie ursprünglich annehmen müssen, d. h. dass sich die Gesamtlänge etwas ver-

grössern muss. — Bei seinen Versuchen mit gedehnten Kautschukfäden hat nun Joule¹⁾ beobachtet, dass bei der Abkühlung eine geringe Verlängerung der Fäden über das ursprüngliche Maass eintritt. Ob sich diese Verlängerung vielleicht gleichfalls auf eine, der bei dem Sonnenblumenmark vermutheten analoge Ursache zurückführen lässt, möge dahingestellt bleiben. Unmöglich scheint mir dies nicht.

Indem ich diese Mittheilung schliesse, bedauere ich, dass ich nichts Vollständigeres und Genügenderes über die behandelte wichtige Frage geben konnte. Wie meine früheren Arbeiten, welche zu dieser Fortsetzung geführt haben, wird auch diese mehr Widerspruch wie Zustimmung finden. Wenn ich auch so sehr überzeugt bin, wie irgend Jemand, dass wissenschaftliche Wahrheiten erst durch die wissenschaftliche Kritik gefestigt, richtig gestellt und zu allgemeinerer Anerkennung gelangen werden, so bin ich andererseits der Meinung, dass keine Berechtigung besteht zu wegwerfender, verletzender Kritik, so lange der Autor hierzu nicht durch anmassendes Auftreten oder wegwerfende Behandlung seiner Vorgänger und Mitforscher Veranlassung bietet. — Da ich mir in dieser Beziehung keine Vorwürfe machen zu müssen glaube, sondern meine Ansichten stets in voller Würdigung der Zweifel und Mängel vorgetragen habe, die ihnen einerseits wegen der Schwierigkeit der zu erörternden Fragen unvermeidlich verbleiben werden, und die ihnen andererseits wegen des beschränkten Wissens und Könnens ihres Verfassers anhaften, so erscheint mir, wie gesagt, die Tonart, in welcher sie von gewissen Kritikern besprochen werden, ebenso ungerecht wie ungerechtfertigt. Ich bin zu wenig Freund der Polemik, um auf alle diese Angriffe zu antworten; auch scheint es mir, dass ich der Wissenschaft besser dienen kann, wenn ich die verhältnissmässig geringe Zeit, welche die Berufsgeschäfte mir lassen, dazu verwende, auf dem betretenen Wege weiter zu forschen, als dazu, auf alle gegen mich gerichteten Angriffe zu antworten. Vielleicht wird sich später einmal Gelegenheit bieten, die wichtigsten erhobenen Einwände und Angriffe, soweit sie nicht nur von Uebelwollen dictiert sind, sondern einen Anspruch auf wissenschaftliche Beachtung haben, im Zusammenhange zu besprechen. — Dagegen möchte ich doch betonen, dass mein Stillschweigen vorerst nicht als ein Consentire zu deuten ist.

Heidelberg im Mai 1895.

1) Siehe die Tabellen bei Joule auf p. 106; dagegen zeigen die früher auf p. 103 von ihm mitgetheilten Versuche umgekehrt eine schwache Verkürzung nach der Rückkehr zu der niederen Ausgangstemperatur.

A n h a n g.

Genaueres über die Versuchsergebnisse bezüglich Verkürzung und Ausdehnung bei verschiedenen Temperaturen.

Den im Nachstehenden mitgetheilten genaueren Daten über einige der angestellten Versuche über Verkürzung und Ausdehnung der geprüften Substanzen bei Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur, schicke ich folgende allgemeine Bemerkungen voraus. Die allgemeine Versuchsanordnung wurde schon oben p. 16 geschildert. Die gequollenen Streifen hatten vor ihrer Prüfung stets längere Zeit in der Quellungsflüssigkeit gelegen und wurden vor dem Versuch nochmals einige Zeit in der Quellungsflüssigkeit auf eine etwas höhere Temperatur erwärmt, als diejenige, zu der sie später bei der Untersuchung erhitzt wurden. — Die Streifen wurden dann in der angegebenen Weise mittels der oberen Klammer in Wasser aufgehängt, so dass das Wasser gerade bis an den unteren Rand der oberen Klammern reichte, der Streifen demnach gänzlich in Wasser eintauchte. Das Gefäss, in welches die Streifen eintauchten, war ursprünglich ein im Querschnitt etwa elliptisches mit abgeplatteten Breitseiten, später ein dünnwandiger Cylinder von 6,3 cm Durchmesser. Anfänglich wurde die Erwärmung so vorgenommen, dass das Gefäss auf einem Sandbad stand, das durch eine Flamme von unten erhitzt wurde. Von diesem Verfahren ging ich jedoch bald ab, da dabei in der Regel zu Beginn der Erwärmung kleine Verschiebungen der eingestellten Marke um 5—10 Theilstriche der Mikrometerskala auftraten, die daher rührten, dass das Glasgefäss beim Erwärmen des Sandbads seine Stellung etwas änderte, sich ein wenig neigte oder aufrichtete und die Marke daher durch die Lichtbrechung der Glaswand etwas verschoben wurde. Die meisten der hier mitgetheilten Versuche wurden in dem cylindrischen Gefäss ausgeführt, das auf einem festen Postament stand und dessen Wand direct mit der Flamme erwärmt wurde. Dabei fielen die oben erwähnten Störungen ganz weg.

Dass nicht durch andere Momente Störungen hervorgerufen wurden, ergibt sich daraus, dass Glasfäden, welche auf dieselbe Weise, in Wasser eintauchend, untersucht wurden, in den Versuchstemperaturen von ca. 15—60° gar keine sichere Verlängerung zeigten; doch wurden diese Beobachtungen mit dem weniger sicheren ersten Gefäss ausgeführt. Da die eintauchende Länge der Fäden ca. 60 cm betrug, so würde bei einer Temperatursteigerung von 50°, den Ausdehnungskoeffizienten des Glases zu $\frac{1}{1200}$ genommen, eine Verlängerung von etwa 0,024, also wenig mehr als ein Theilstrich eingetreten sein, was unter den gegebenen Verhältnissen nicht sicher festzustellen war.

Die Angaben über die Temperatur des Wassers sind wenig genau, da ich nur ein Thermometer in dem Wasser hatte, das etwa bis zur Mitte des Streifs eintauchte. Bei der in allen Versuchen sehr auffallenden Erscheinung, dass die Längenänderung der Streifen der äusseren Temperatur sehr langsam folgte, die Verkürzung noch längere Zeit fort dauerte, während die äussere Temperatur sank und umgekehrt, scheint es mir, dass eine sehr viel genauere Feststellung der Temperatur des umgebenden Wassers oder der Luft auch kein erheblich bestimmteres Resultat ergeben hätte. Nur diejenigen Versuche, bei welchen die Temperaturen in sehr langen Perioden um wenige Grade zu- oder abnahmen, dürften hinreichende Sicherheit bieten, dass der Streif auch die Temperatur des umgebenden Wassers besass. Ich brauche endlich kaum zu erwähnen, dass ich als Nichtphysiker um Nachsicht bitten muss, bei der Beurtheilung von Versuchen, welche zur genaueren Durchführung bessere physikalische Hilfsmittel und bessere Uebung und Schulung des Experimentators verlangen.

Dass die angegebenen Zahlen in der Columnne L, welche die Stellung des unteren Streifenendes auf der Scala angeben, bei der Verkürzung der Streifen zunehmen, bei der Verlängerung dagegen ab, beruht auf der Umkehr des Bildes durch das Mikroskop. Ein Theilstrich der Scala bedeutet 0,0175 mm.

I. Streifen lufttrocknen Sonnenblumenmarks (zuvor in Alkohol aufbewahrt).

L. des Streifs = 87, Br. = 8, D. = 6,5.

Belastung = 15,5 gr.

Belastung = 55,5 gr.

I a.				I b.					
	Z.	TP.	L.		Z.	TP.	L.		
19/XII. 94.	5,30 p. m.	27	40	1. Erhitzg. gelöscht Von 27—40,5° Gesamtverkürz. = 1,05 mm	21/XII.	9,55	24	15	Erhitzt gelöscht Von 22,5—38° Gesamtverkürz. = 0,682 mm
		29	45			10,44	22,5	15	
		32	50				27	13	
		34	55				30	20	
		36	60				31,8	25	
		37	65				33	30	
		38	70				35,2	35	
		39	75			11,17	36,8	40	
	5,45	39,5	80				37,4	45	
		40	85				37,8	50	
		40,5	95				36	54	
		40,2	100			12,3	27	42	
		39	100			1,30	19,5	19	
		31	85			5,15	17,8	5	
	7 h.	24,5	58		12/XII.	11 h.	20	10	
20/XII.	8 h.	21,5	35						
	a. m.								
	5,45	23,5	35	2. Erhitzg. gelöscht Von 23,5—36,8° Gesamtverkürz. = 0,875 mm					
p. m.	34	50							
	36	65							
	36,5	75							
	36,8	80							
	36	82							
6,13	35,2	85							
6,52	27	65							
21/XII.	9 h.	23	35						
	a. m.								

II. Streifen lufttrocknen Sonnenblumenmarks. L. = 84, Br. = 9,5, D. = 1,5.

Belastung = 15,5 gr.

Derselbe Streif welcher zu dem auf p. 18 mitgetheilten Versuchen über den Einfluss der Luftverdünnung gedient hatte. Er war in der Glasröhre aufgehängt wie bei diesen Versuchen.

	Z.	Tp.	L.	
28/XII.	6 h.	19	44	Erhitzt durch Annäherung einer Beleuchtungsflamme auf 16 cm von der Röhre in der der Streif aufgehängt war. Die Temperatur ist angegeben nach einem Thermometer das dicht neben der Röhre aufgehängt war in derselben Entfernung von der Flamme.
	6,20	25,2	110	
	6,42	19	44	
	6,51	19	36	
	7,08	18,8	37	

Gesamtverkürzung von 19—25,2 (6,2°) = 1,155 mm, also pro 1° = 0,182. Es liesse sich also

mit einer derartigen Vorrichtung die durch $\frac{1}{10}^{\circ}$ bewirkte Veränderung noch gut ablesen und bei stärkerer Vergrößerung noch viel geringere Temperaturunterschiede.

III. Chromgelatine (5 %).

Streif: L. = 34, Br. = 15, D 5,5 mm; Belastung 15,5 gr.

1. Versuch 3/I. 95.

2. Versuch 4/I. 95.

III a.				III b.			
	Z.	Tp.	L.		Z.	Tp.	L.
Erhitzt 3/I.	4,38	23	40	Erhitzt 4/I.	10,55	18	44
	p. m.	24	39		a. m.	18,5	45
		27	46	gelöscht		19	46
		30	47			23	50
		31,5	50			23,5	51
		37	55			"	52
		40	60		11,6	24,5	53
gelöscht		40	65		11,9	"	54
		40	70		11,15	24,6	55
	5,0	39,6	75		11,19	18,5	52
		39,3	80		11,26	"	51
	5,5	39	85		11,35	16	50
	5,10	38,5	90			11	49
		37	95		11,45	9	48
		36,5	98		12,2 p.m.	11	47
		31	96		12,10	8,5	46
	6,35	20	91		1,0	11	45
	6,50	20	87	Durch mehrf. Ablassen des Wassers u. Zusatz v. kaltem gekühlt	1,30	10	44
	7,0	18	85		4,55	17	47
	7,17	19	83				
	7,50	20	79				
4/I.	10,30	18	68				

Bei Temp. v. 23—40°
Gesamtverkürz.
= 1,015 mm

Durch Ablassen u. Zugiessen
v. kalt. Wasser gekühlt.

D. Zus. von Schnee gekühlt.

Durch mehrf.
Ablassen des
Wassers u. Zusatz
v. kaltem gekühlt

Bei Temp. v. 18—24,6°
Gesamtverkürz.
= 0,192 mm

Gesamt.
d. Wiederaud.
= 0,140 mm

IV. Gelatineölemulsion (Gleiche Volumina 10 % Gelatine und Olivenöl).

Streif: L. = 80,5, Br. = 11, D. = 3. Belastung 5,5 gr.

	Z.	Tp.	L.	
19/I. Erhitzt	9 a. m.	18,5	63	Bei Temp. v. 18,5—30° Gesamtverkürz. = 0,542 mm
		20	65	
		21,5	68	
		22	70	
		25	75	
		27,5	80	
		29	85	
		30	87	
gelöscht	9,35	29,5	93	Ges. d. Wiederaud. = 0,472 mm
	9,38	"	94	
Abgekühlt mit kaltem Wasser	9,45	16	76	
	10,50	18,5	67	
Erhitzt durch Beleuchtungsflamme	6,15	17,3	67	Bei Temp. v. 20—24° Gesamtverkürz. = 0,367 mm
	6,30	20,5	70,5	
	6,50	23	76	
	7,10	24,6	80	
	7,17	25	83	
gelöscht	8,27	23	88	Ges. d. Wiederaud. = 0,262 mm.
20/I. a. m.	10,55	16	73	

V. Streif gewöhnlicher Gelatine in Wasser gequollen. Unbelastet aufgehängt.

L. = 64, Br. ca. 17, D. ca. 1,8 mm.

V a.				V b.			
	Z.	Tp.	L.		Z.	Tp.	L.
29/I. Erh. durch Beleuchtungsflamme	9 h.	14,8	32	26/I. a. m. Erh. d. Beleuchtungsflamme	9 a. m.	18,2	3
	a. m.	15,5	34			19,5	4
		16,4	35			20	5
		17,1	36			20,5	6
		17,6	37			21	7
		18,6	39			22	9
	gelöscht	18,2	40			23,1	13
		18,1	41			23,9	16
		18,7	44	gelöscht		23,1	17,5
	p. m.	8,30	19,9			20,8	11
30/I. a. m.	8 h.	15,4	34		1,30 p.	19	-1
		16,3	37	Temp. 2—19,9° Gesamtverkürz. = 0,385 mm.			
		18,3	42				
		19	45				
		19,7	48				
	p. m. ca.	8 h.	16,9				
	31/I. a. m.	8 h.	13,5				
	Abkühlung durch Öffnen d. Fensters		4,0				
			2				
			8,4				
			9,6				
			10,8				
			12,8				
			16				
			17				
p. m. ca. 1/II. a. m.	8 h.	17,5	40				
	9 h.	16,2	32				

Beobachtet wurde der freie untere Rand des Streifs.

Dem Wasser, in welchem der Streif aufgehängt war, war etwas festes Thymol zugesetzt, um die Fäulniss bei den über mehrere Tage sich erstreckenden Versuchen zu verhindern. — In der Versuchsreihe V a wurde am 30/I. die Stellung des unteren Streifenrandes bei den wechselnden Temperaturen im Laufe des Tages abgelesen; da dieser Temperaturwechsel sich sehr langsam vollzog, so ist anzunehmen, dass diese Zahlen zwischen 15,4° und 19,7° die Längenänderung des Streifs richtig angeben. Hieraus folgt pro 1° zwischen 15—19° eine Verkürzung von 0,0717 mm.

VI. Streif von geronnenem Eiweiss. Unbelastet in Wasser mit etwas Thymol.

L. = 97, Br. = 15, D. = 8 mm, liegend in ungedehntem Zustand gemessen.

Aufgestellt 7 1/2 h. Abends 11. II/95.

Der Streif dehnt sich zuerst sehr rapid aus, vom 11/II. 7 h. p. bis 12/II. 9 h. a. m. um nicht weniger wie 10 mm. Hierauf zeigt sich bei weiterer Beobachtung eine anhaltende Verkürzung, die anfänglich pro Stunde ca. 0,113 mm beträgt, am 13/II. pro 1 h. ca. 0,07—0,08; im Gesamt betrug die Verkürzung vom Morgen des 12/II. bis 13/II. 11 h. 20 2,257 mm. —

Hierauf das Wasser von 17,9° C abgelassen und durch Schneewasser ersetzt, trat sofort statt weiterer Verkürzung Ausdehnung auf, wie die folgende Tabelle zeigt:

VI a.	Z.	Tp.	L.	
13/II. a. m.	11,20	17,9	90	
	11,36	9,8	83	Gesammtausdehnung = 0,735
	11,39	10,2	81	
	11,45	10,8	77	
	12,5	12,5	67	
	12,49	14,8	54	
	1,45	16,1	48	
	5,58	18	62	Verkürzung = 0,470.
	8,10	19	76	

Bis zum 14/II. 9 h. 30. a. m. hat sich der Streif sehr stark, um ca. 1,4 mm, verkürzt und fährt darin langsam fort, indem er sich von 9,30—11,25 a. m. um 0,437 mm verkürzt. Hierauf ein zweites Mal durch Schneewasser abgekühlt, gibt folgendes Resultat:

VI b.	14/II. a. m.	11,25	20,9	74	Gesammtausdehnung = 0,42.
		11,45	8	73	
		11,47	8	70	
		12,28	12	53	
		12,45	12,8	50	
		3,22	20,3	63	
		5,46	22	100	

Bis zum 15/II. 8 h. a. m. hat sich der Streif wiederum um ca. 1,3 mm verkürzt und fährt darin den 15. und 16. fort, so dass er sich im Gesamt bis zum 16. Abends 6 h. um 1,89 mm zusammengezogen hat. Hierauf wurde das Fenster geöffnet, so dass die ziemlich starke äussere Kälte auf den Streif einwirkte. Den nächsten Morgen d. 17/II. 10,40 zeigte sich die Oberfläche des Wassers mit sehr dünner Eisdecke bedeckt und die Temperatur des Wassers auf 0° gesunken. Der Streifen aber hatte sich um nicht weniger wie 3,1 mm. verlängert.

Hierauf begann vom Morgen des 17/II. ab wieder eine zuerst sehr rasche Verkürzung die von 10,40 a. bis 3 h. p. m. des 17. 1,57 mm betrug und die bis zum 22/II. 9 h. a. m. verfolgt wurde; im Gesamt betrug die Verkürzung bis dahin 3,762, in den letzten 24 h. jedoch im Ganzen nur 0,245.

Die erste ansehnliche Verlängerung des Streifs nach dem Aufhängen in Wasser muss wohl in der Hauptsache auf die natürliche durch das Eigengewicht des aufgehängten Streifs hervorgerufene Dehnung bezogen werden; die darauf einsetzende anhaltende Verkürzung dagegen kann ich nur als eine Wirkung fortdauernder weiterer Aufquellung beurtheilen, obgleich der Streif längere Zeit vor seiner Aufhängung in Wasser gelegen und zuvor noch 10 Minuten in bis zum Kochen erhitzten Wasser sich befunden hatte. — Unter den vorliegenden Verhältnissen ergab sich daher die Methode der Abkühlung als die sicherere, welche denn auch bei dreimaliger Wiederholung ein ganz unzweideutiges Resultat ergab.

Besonders zu betonen ist, dass dem Wasser, in dem der Streif aufgehängt, Thymol zugesetzt war und daher trotz der langen Beobachtungsdauer keine Fäulniss des Streifs eintrat. Frühere, weniger ausgedehnte Versuche, die auch mit weniger gut gelungenen Eiweisstreifen angestellt worden waren, hatten im Allgemeinen ergeben, dass bei der Erwärmung ausgiebige Verkürzung eintritt, welche bei der Wiederabkühlung nicht oder doch nur wenig wieder zurückging; eine Erscheinung, die mit den obigen Ergebnissen im Allgemeinen harmonirt.

D. BAU QUELLBARER KÖRPER U. D. BEDINGUNGEN D. QUELLUNG. 65

Den 22/II. 9 h. 20 a. m. wurde das Wasser in dem der Streif aufgehängt war, durch 15 % NaCl-lösung ersetzt, worauf der Streif sich sehr energisch zu verkürzen begann; die Contraction dauerte fort bis um 7 h. Abends und betrug im Ganzen nicht weniger wie 5,36 mm. Jetzt war Konstanz eingetreten, da die Länge bis zum 23/II. 9 h. a. m. dieselbe geblieben war. — In den nun folgenden Beobachtungen, die theils nur bei der wechselnden Zimmertemperatur, theils mit Hülfe schwacher Erwärmung durch die herangerückte Beleuchtungsflamme angestellt wurden, zeigte sich der Einfluss der Temperatur auf die Länge des Streifs deutlich (siehe die nachf. Tabelle VI c). Bemerkenswerth ist jedoch auch hier die Eigenthümlichkeit, dass der Streif nach der Verkürzung durch die Temperatursteigerung auf 38° sich nur etwa um die Hälfte der Verkürzung wieder ausdehnte.

		Z.	Tp.	L.	
VI. c.	22/II. p. m.	7	ca. 17—20	45	
	23/II. a. m.	9	17,7	45	
	p.	1	20,9	52	
	p.	7	16,8	50	
	24/II. a. m.	11	18,1	50	
		11,55	19	51	Erhitzt d. Beleuchtungsflamme
		12,5	26,8	55	
		12,35	34,7	65	
		1,30	38,0	90	
		7,30	18,6	90	gelöscht, sinkt in der Zwischenzeit bis über 100 herab.
	25/II. a.	9	15,6	80	
	p.	1	19	85	
	26/II. a.	11	17,7	83	
	p.	1	19,5	86	
		8	19,7	86	

VII. Packlackfaden vor der Lampe ausgezogen.

Gesamtlänge = 100 mm, wovon 64 mm in das Wasser des Gefässes eintauchen;
Dicke = 1—2 mm.

	Z.	Tp.	L.	
14/XII. a. m.	10,11	18	2	} Gesamtverkürzg. von 18° — $32,9^{\circ}$ = 2,83 mm
	10,17	18	3	
1. Erhitzg.	10,30	23	4	
	— 32	25	5	
	— 35	27	10	
	— 39	29,5	20	
gelöscht	— 42	32	40	
	— 45	32,4	60	
	— 48	32,9	80	
	— 52	32,8	100	
	11,27	29,3	137	
p. m.	1,24	22,5	150	
	7,30	19	159	
15/XII. a. m.	9,0	19,5	164	
2. Erhitzg.	9,15	22	164	} Gesamtverkürzg. von $19,5^{\circ}$ — 43° = 0,997 mm.
	9,28	31	164	
	— 34	35,5	165	
		38,5	168	
gelöscht	9,45	42	174	
		43	179	
	10,38	35,5	189	
p. m.	12,45	25	217	
	5,30	20	221	
3. Erhitzg.	5,55	21	221	} Gesamtverlängerg. von 20° — 57° = 1,96 mm.
	6,08	32	211	
	6,25	50	195	
	6,33	55,5	181	
gelöscht	6,37	57	164	
	6,53	53	109	
16/XII. a. m.	11,40	18,5	229	

Bei einer 4. Erhitzung, welche bis zu 57° ging verkürzte sich der Faden wiederum beträchtlich, nachdem die Temperatur über 47° gestiegen war, schliesslich riss jedoch der Faden ab.

Litteratur.

- 1892 (1). Bütschli, O., Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892. (Siehe dort p. 216).
- 1892 (2). Bütschli, O., Ueber die künstliche Nachahmung der karyokinetischen Figur. Verh. des naturhist.-medic. Vereins. Heidelberg. N. F. Bd. V. p. 28—41.
- 1892 (3). — Ueber die Schaumstructur geronnener Substanzen. Ibid. p. 42—43.
1893. — Ueber den feineren Bau der Stärkekörner. Ibid. p. 89—102.
1894. — Vorläufiger Bericht über fortges. Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphärokrystallen u. die Structur von Cellulose- und Chitinmembranen. Ibid. p. 230—292. 2. Tf.
1821. Chevreul, De l'influence que l'eau exerce sur plusieurs substances azotées solides. Annales de chimie et de physique. T. 19. 1821. p. 32—57.
1893. Engelmann, Th. W., Ueber den Ursprung der Muskelkraft. 2. Aufl. Leipzig.
1884. Famintzin, A., Ueber Kieselsäuremembranen und geschichtete Myelingeilde. Bullet. Acad. St. Petersbourg. T. 29. p. 414—416.
1866. Fick, A., Medicinische Physik. 2. Aufl.
1886. Gerstmann, Strömung von Flüssigkeitsgemischen und Salzlösung durch Capillarröhrchen. — Tageblatt der 59. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte. p. 409—410.
1886. Grätz, L., Ueber die Abhängigkeit der Elasticität des Kautschuks von der Temperatur und ihre Beziehung zum thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Pogg. Annalen. Bd. 264. p. 354—364.
1884. Grimaux, E., Sur la coagulation des corps colloïdaux. Compt. rend. Ac. Paris. T. 98. p. 1578. (s. auch die beiden früheren Artikel ibid. p. 1485 u. p. 1540, sowie die Arbeit in Bullet. soc. chimique. Paris. Bd. 42, 1884, p. 74—82).
1876. Guthrie, Fr., On salt solution and attached water. V. Philosoph. magaz. and J. of sc. (5) Vol. 2. p. 211—225.
1882. Höhnelt, Fr. v., Beiträge z. Pflanzenanatomie u. Physiologie. VI. Ueber die Mechanik des Aufbaues der vegetabilischen Zellmembranen. Botan. Zeitung. 40. Jg. p. 595—605 und 616—622.
1860. Jamin, J., Mémoire s. l'équilibre et la mouvement des liquides dans les corps poreux. Compt. rend. Ac. Paris T. 50. p. 172—176 u. 311—385.
1860. Joule, J. P., On some Thermo-dynamic properties of solids. Philosoph. Transact. Roy. Soc. London. Vol. 149. p. 91—131.
1888. Lehmann, O., Molecularphysik. 2 Bde.
1848. Liebig, J., Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. Braunschweig.
1849. Ludwig, C., Ueber die endosmotischen Aequivalente und die endosmotische Theorie. Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. 8. p. 1—52.

1886. Maurer, R., Ueber das Verhältniss der Quercontraction zur Längendilatation bei Stäben von Leimgallerte. *Annalen der Physik u. Chemie.* Bd. 264. p. 628—653.
1858. Nägeli, C., Die Stärkekörner. *Pflanzenphysiologische Untersuchungen.* Von Nägeli und Cramer. 2. Heft.
1866. Nägeli, C., Ueber Versuche, betreff. die Capillarwirkungen bei verändertem Luftdruck. *Sitzungsber. d. bayr. Akademie. Math.-physik. Kl.* 1866. p. 553—576.
1877. Pfeffer, W., *Osmotische Untersuchungen.* Leipzig.
1886. Pulfrich, C., Ueber die elastische Nachwirkung eines Kautschukschlauchs und deren Einfluss auf die Constante μ . *Annalen d. Phys. u. Chemie.* Bd. 264. p. 87—107.
1879. Quincke, G., Ueber Emulsionsbildung u. den Einfluss der Galle bei der Verdauung. *Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. 19. p. 129—144.
1888. Quincke, G., Ueber periodische Ausbreitung von Flüssigkeitsoberflächen und dadurch hervorgerufene Bewegungserscheinungen. *Annalen der Physik u. Chemie. N. F.* Bd. 35.
1889. Quincke, G., Ueber Protoplasmabewegung und verwandte Erscheinungen. *Tagebl. der 62. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte* p. 204—207.
1894. Quincke, G., Ueber freiwillige Bildung von hohlen Blasen, Schaum etc. *Annalen der Physik u. Chemie. N. F.* Bd. 53. p. 593—632.
1879. Reinke, J., Untersuchungen über die Quellung einiger vegetabilischer Substanzen. *Hanstein's botanische Abhandlungen.* Bd. IV. Heft 1.
1882. Russner, J., Ueber das scheinbar abnorme Verhalten des gespannten Kautschuks und der Guttapercha. *Repertorium für Experimentalphysik etc.* Bd. 18. p. 206—216.
1861. Schmidt, W., Ueber die Beschaffenheit des Filtrats bei Filtration von Gummi-, Eiweiss-, Kochsalz-, Harnstoff- und Salpeterlösung durch thierische Membran. *Annalen d. Phys. u. Chemie.* Bd. 114. p. 337—392.
1872. Schmulewitsch, G., Ueber den Einfluss der Wärme auf die Elasticität des Kautschuks. *Annalen d. Phys. u. Chemie.* Bd. 144. p. 280—287.
1886. Schwendener, S., Ueber das Saftsteigen. *Sitzber. d. Berliner Akademie.* 1886. p. 588.
1887. Schwendener, S., Ueber Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Zellmembranen. *Sitzungsber. der Berliner Ak. f. d. J. 1887.* 2. p. 659—702.
1881. Semper, C., Neue Methode anatomische Präparate herzustellen. *Verh. der physik.-medic. Gesellsch. Würzburg. N. F.* Bd. 15. (Siehe auch *Zoolog. Anzeiger* Bd. V. 1882.)
1882. Voigt, W., Ueber das Verhältniss der Quercontraction zur Längsdilatation bei Stäben von isotropem Glas. *Annalen d. Phys. u. Chemie.* Bd. 251. p. 497—513.

Göttingen, Druck der Dieterich'schen Univ.-Buchdruckerei (W. Fr. Kaestner).

Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen,
Mathematisch-Physikalische Klasse

Bd.: 40. 1894/95 (1895)

Göttingen 1895

4 Acad. 63 h-40

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11468508-1